

نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران

مؤلفین:

گروه کار زهکشی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مجتبی اکرم	اردوان آذری
سیدجلال جبلی	ابراهیم پذیرا
احمد لطفی	صمد دربندی
مصطفی وطن‌زاده	محمد مداح

مهدی همایی

ویرایش و بازخوانی:

مجتبی اکرم	اردوان آذری
------------	-------------



بسمه تعالی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نام کتاب: **نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی**

در ایران

مترجمین: اردوان آذری، مجتبی اکرم، ابراهیم پذیرا، سیدجلال جبلی، صمد دربندی،

احمد لطفی، محمد مداح، مصطفی وطنزاده، مهدی همایی

ویراستار: اردوان آذری، مجتبی اکرم

ناشر: **کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران**

نوبت چاپ: اول ۱۳۸۱

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

صفحه

فهرست

۱	نگرش‌های جدید در طراحی زهکشی
۱	چکیده
۲	۱- مقدمه
۴	۲- بهبود معیارهای طراحی زهکشی
۷	۳- بهره‌گیری از مدل‌های زهکشی
۹	۴- ملاحظات زیست محیطی
۱۴	۵- سهم بخش‌های مختلف در آلودگی محیط زیست
۱۵	۶- تدابیر زیست محیطی مناسب در مناطق فاریاب
۱۶	۷- بازسازی اکوسیستم‌های تخریب شده
۱۷	۸- کشاورزی پایدار و مسائل زهکشی
۱۹	منابع
۲۱	نمون‌های زهکشی
۲۱	پیشگفتار
۲۲	۱- مقدمه
۲۳	۲- مدل‌های رایج زهکشی
۳۳	۳- نتیجه‌گیری
۳۸	منابع
۴۱	ارزیابی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان
۴۱	۱- کلیات
۴۴	۲- عملکرد سیستم زهکشی
۴۹	۳- توصیه‌ها
۵۱	تعدیل ضریب زهکشی در دشت مغان
۵۱	چکیده

صفحه	فهرست
۵۲	۱- مقدمه
۵۳	۲- بررسی منابع
۶۳	۳- مواد و روش‌ها
۶۷	۴- نتایج و بحث
۷۶	۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۷۸	منابع
۸۱	ارزیابی پارامترهای طراحی زهکشی زیرزمینی در طرح زرینه‌رود
۸۱	۱- مقدمه
۸۲	۲- ضرورت احداث مزارع آزمایشی
۸۶	۳- سوابق اجرایی مزارع آزمایشی در سطح کشور
۸۷	۴- طرح آزمایش
۹۰	۵- روش آزمایش
۹۱	۶- فراوانی مشاهدات
۹۱	۷- انجام آزمایشات مزرعه‌ای به صورت موردی (طرح زرینه‌رود)
۱۰۵	مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی زیرزمینی در ایران
۱۰۵	۱- تاریخچه زهکشی
۱۰۶	۲- اراضی زهکشی شده
۱۰۷	۳- شوری و زهکشی
۱۰۹	۴- چگونگی طراحی
۱۱۵	۵- چگونگی اجرا
۱۲۱	۶- اشکالات ساختاری
۱۲۶	منابع

	روش‌ها و مشکلات اجرایی زهکش‌های زیرزمینی در طرح توسعه
۱۲۹	نیشکر و صنایع جانبی
۱۲۹	مقدمه
۱۳۱	۱- معرفی طرح توسعه نیشکر واحد سلمان فارسی
۱۳۱	۲- جانمایی طرح زهکشی زیرزمینی
۱۳۲	۳- ماشین‌آلات مورد نیاز و روش‌های اجرائی
۱۳۷	۴- مصالح ساختمانی و سازه‌ها
۱۳۹	۵- مشکلات اجرائی زهکش‌های زیرزمینی
۱۵۵	اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان
۱۵۵	۱- معرفی پروژه
۱۵۷	۲- مشخصات محدوده زهکشی
۱۵۸	۳- معیارهای محاسبه فواصل زهکش‌ها
۱۵۹	۴- معیارهای طراحی شبکه زهکش‌های زیرزمینی
۱۶۲	۵- روش اجرای طرح زهکشی
۱۶۵	۶- هزینه‌های احداث شبکه زهکشی
۱۶۷	۷- کنترل عملکرد سیستم زهکشی
	۸- تجربیات به دست آمده و مسایل موجود در عملیات اجرایی
۱۶۸	پروژه زهکشی دشت بهبهان
۱۸۳	اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان
۱۸۳	چکیده
۱۸۴	۱- مقدمه و پیشینه
۱۸۵	۲- مبانی طراحی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان
۱۸۷	۳- مشخصات فنی طرح زهکشی
۱۸۸	۴- نحوه انجام عملیات اجرایی

صفحه	فهرست
۱۸۹	۵- نیروی انسانی و ماشینی مورد استفاده و راندمان پیشرفت کار
۱۸۹	۶- شاخص‌های هزینه‌ای
۱۹۱	۷- تجارب حاصل از طراحی و اجرای شبکه زهکشی دشت مغان
۱۹۵	ترنچ‌های زهکشی در ایران
۱۹۵	چکیده
۱۹۵	۱- مقدمه
۱۹۷	۲- سوابق استفاده از ترنچ‌ها در زهکشی اراضی
۲۰۰	۳- سوابق استفاده از ترنچ‌های زهکشی در ایران
۲۰۱	۴- تعداد و مشخصات ترنچ‌های موجود در کشور و مالکیت آنها
۲۰۶	۵- مشخصات فنی ترنچ‌های موجود در کشور
۲۰۷	۶- عملکرد ترنچ‌های زهکشی موجود در کشور
۲۰۹	۷- پتانسیل اجرایی شبکه زهکشی در کشور
۲۰۹	۸- بررسی کیفیت اجرای زهکش‌های زیرزمینی با ماشین‌های موجود
۲۱۲	۹- نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۲۱۵	امکانات تولید لوله‌های پلاستیک برای زهکشی زیرزمینی در ایران
۲۱۵	کلیات
۲۱۸	مشخصات عمومی لوله‌های زهکشی که در ایران تولید می‌شود
۲۲۰	استانداردهای تولید لوله
۲۲۰	ظرفیت تولید لوله‌های پی‌وی‌سی زهکشی در ایران
	استانداردهای DIN 1187 کشور آلمان برای ساخت لوله‌های پی‌وی‌سی
۲۲۳	مورد استفاده در زهکشی زیرزمینی
۲۲۳	۱- دامنه کاربرد
۲۲۳	۲- تشخیص، ابعاد، وزن

صفحه	فهرست
۲۲۵	۳- مواد پلاستیک
۲۲۵	۴- الزامات
۲۲۸	۵- آزمایش‌ها
۲۳۳	۶- گواهی کیفیت، کنترل داخلی و نظارت بر تولید
۲۳۵	۷- حک کردن اطلاعات مربوط به تولید
۲۳۹	اثرات زیست محیطی زهکشی اراضی
۲۳۹	چکیده
۲۴۰	۱- مقدمه
۲۴۲	۲- اثر زهکشی بر محیط فیزیکی
۲۴۵	۳- اثر زهکشی بر محیط طبیعی
۲۴۶	۴- اثر زهکشی بر محیط اقتصادی
۲۴۸	۵- اثر زهکشی بر محیط اجتماعی
۲۴۹	۶- راه‌های مقابله با اثرات سوء زهکشی
۲۵۰	۷- نتیجه‌گیری
۲۵۳	منابع
۲۵۵	ملاحظات زیست محیطی در طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی
۲۵۵	چکیده
۲۵۶	۱- مقدمه
۲۵۸	۲- اثرات سوء زهکشی بر روی کیفیت منابع آب
۲۶۵	۳- روش‌های کنترل و کاهش اثرات زهکشی بر کیفیت منابع آب
۲۷۸	۴- نتیجه‌گیری
۲۷۹	منابع

مقدمه

در حال حاضر براساس آمارهای موجود، ۱۵۰ تا ۱۷۰ میلیون هکتار از ۲۴۰ تا ۲۵۰ میلیون هکتار اراضی آبی جهان به طریق سطحی و یا زیرزمینی زهکشی می‌شود. مساحت اراضی که به زهکش‌های زیرزمینی مجهز است به درستی معلوم نیست؛ اما پرواضح است که احداث زهکش‌های زیرزمینی در جهان به طور فزاینده‌ای رو به گسترش است.

وسعت اراضی آبی جهان در فاصله سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ بیش از ۲ برابر افزایش یافته و به حدود ۲۴۰ میلیون هکتار رسیده است. علیرغم این توسعه، در حال حاضر سالانه ۲ تا ۴ میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر شور یا ماندابی شدن، از چرخه تولید خارج می‌شود. این در حالی است که در اوایل هزاره سوم، نرخ رشد خالص اراضی تحت آبیاری برای تغذیه کافی باید ۲/۵ درصد در سال باشد.

در کشور ما در سال‌های گذشته سرمایه‌گذاری عظیمی برای توسعه آبیاری انجام گرفته است. جریان این سرمایه‌گذاری همچنان ادامه دارد به طوری که هم اکنون اعتبارات اختصاص یافته برای طرح‌های در دست اجرا به حدود ۲۰۰۰ میلیارد ریال بالغ می‌گردد. سطح کل اراضی زیر شبکه‌های مدرن آبیاری ۱/۲ میلیون هکتار است که با اجرای طرح‌های جدید به ۱/۹ میلیون هکتار خواهد رسید. بخشی از این اراضی به علت آبیاری بی‌رویه یا فقدان سیستم زهکشی، زهدار شده‌اند. شک نیست که در سال‌های آتی نیز به علت تلفات بیش از حد ناشی از پایین بودن راندمان آبیاری، همراه با استفاده از آب‌های با کیفیت پایین، مشکلات جدید زهکشی در این اراضی بروز خواهد یافت.

در حال حاضر آمار دقیقی از وضعیت زهکشی اراضی زراعی کشور در دست نیست، اما چنین به نظر می‌رسد که اکثر اراضی که به طور سنتی آبیاری می‌شوند فاقد زهکش‌های سطحی هستند. در عین حال می‌توان گفت که تقریباً اغلب اراضی تحت آبیاری مدرن، از زهکش‌های سطحی بهره می‌برند. وسعت اراضی با زهکش‌های زیرزمینی در کشور حدود ۱۵۰ هزار هکتار برآورد می‌شود.

نکته قابل توجه این که با وجودیکه از ۷/۲ میلیون هکتار اراضی آبی، شبکه آبیاری در ۱/۲ میلیون هکتار یعنی فقط ۱۷ درصد از آن توسط دولت ساخته شده است؛ در حالی که می‌توان گفت تقریباً صددرصد شبکه‌های زهکشی در کشور توسط دولت احداث شده است. از جمله عواملی که زهکشی را در ایران به سوی دولتی شدن سوق داده است، بالا بودن هزینه زهکشی زیرزمینی، در دسترس نبودن ماشین‌آلات و دانش فنی و در مواردی عدم آگاهی از تبعات زهدار بودن اراضی و شوری آن را می‌توان نام برد.

در ایران به علل مختلف از جمله مسائل مربوط به امکانات اجرایی و تأمین اعتبار، نارسایی در ارتباط‌های فنی و تبادل نظر کارشناسی و مهمتر از همه، عدم توجه به تجارب پراکنده موجود و ارزیابی نشدن طرح‌های اجرا شده، سرعت پیشرفت کار و در مواردی کیفیت طراحی و اجرا در حد مطلوبی قرار ندارد. علاوه بر این معمولاً به امر بهره‌برداری و نگهداری بهای لازم داده نمی‌شود. به نظر می‌رسد چاره کار در افزایش تحقیقات کاربردی، آموزشی و ترویج راهکارهای بهبود آبیاری و زهکشی، ارزیابی عملکرد شبکه‌های موجود، افزایش تبادل نظرهای کارشناسی، توجه به مشارکت مردمی و کاهش نقش دولت و بالاخره اصلاح نظام بهره‌برداری و نگهداری نهفته است.

این کتاب که به همت گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران انتشار می‌یابد، دربرگیرنده مجموعه‌ای از تجارب مطالعاتی، طراحی و اجرایی موجود در کشور است. مقالات درج شده در این کتاب، قبلاً در دو همایش زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی، یکی در خرداد ماه ۱۳۷۸ تحت عنوان «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی» و دیگری در اردیبهشت ماه ۱۳۸۰ تحت عنوان «دومین کارگاه فنی زهکشی» ارائه شده‌اند. این مقالات توسط تهیه‌کنندگان آنها مورد بازنگری قرار گرفته؛ بخش‌هایی از آنها تلخیص شده و در موارد لزوم مطالب جدیدی به آنها افزوده شده است.

مقالات این کتاب در چهار بخش به گونه‌ای تنظیم شده است که مسائل مربوط به مطالعات و طراحی، اجرا، مصالح و ماشین‌آلات، و ملاحظات زیست‌محیطی در بخش‌های مجزا قرار گرفته و مطالب مورد نیاز خوانندگان با توجه به موضوع هر بخش به آسانی قابل دستیابی باشد.

امید است مطالب این کتاب برای کارشناسان و دست‌اندرکاران زهکشی در کشور سودمند بوده و در بهبود طرح‌های زهکشی و رفع پاره‌ای مشکلات موجود مثرثمر باشد. در پایان لازم می‌داند از همت و تلاش گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی سپاسگزاری کرده و برای آنان آرزوی موفقیت دارد.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نگرش‌های جدید در طراحی زهکشی^(۱)

مجتبی اکرم^(۲)

چکیده

زهکشی تاریخچه‌ای سه هزار ساله دارد ولی شاید بتوان گفت از عمر زهکشی به شیوه امروزی حدود ۱۹۰ سال می‌گذرد. عقیده بر این است که هوگهات^(۳) اولین کسی بود که در ۱۹۴۰ زهکشی مبتنی بر شیوه‌های علمی را پایه‌گذاری کرد. از آن پس، تحولات علمی زهکشی ابتدا به آزمایش‌های زهکشی معطوف شد و همزمان با آن، اصول و مبانی زهکشی در مورد تعیین فاصله و عمق زهکش‌ها توسعه یافت و روابط ریاضی بسیاری ارائه شد. پیدایش لوله‌های پلاستیکی در دهه ۱۹۶۰ و رواج استفاده از ماشین‌های زهکشی در دهه ۱۹۷۰ شتابی چشمگیر به توسعه زهکش‌های زیرزمینی داد؛ اما در این چند دهه، هم دانشمندان به طور عمده، هنوز به ابداع و ارائه روابط جدید تعیین فاصله زهکش‌ها معطوف بود. در دهه ۱۹۷۰ همزمان با پیشرفت بشر در زمینه کامپیوتر، حل عددی روابط ریاضی بیش از پیش مرسوم شد و شاید بتوان گفت که در اوایل دهه ۱۹۸۰ بود که اولین مدل‌های زهکشی ابداع شد و در دهه ۱۹۹۰ توسعه بیشتری یافت به طوری که شاید بتوان این دهه را دوره تدوین و پردازش مدل‌های ریاضی زهکشی به حساب آورد [۱].

توجه بیشتر به مسائل محیط زیست نیز، از دهه ۱۹۷۰، مسیر توجه به مسائل زهکشی را اصلاح کرد. امروز می‌توان گفت که اصول اولیه علم زهکشی در حد مورد نیاز تدوین یافته است؛ معیارهای زهکشی هنوز در حال اصلاح و بهبود است؛ به

۱- ارائه شده در «دومین کارگاه فنی زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران - ۱۳۸۰ به عنوان مقاله کلیدی و جمع‌بندی سایر مقالات ارائه شده

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، کارشناس و رئیس هیئت مدیره مهندسين مشاور آبساران و مدرس پاره وقت زهکشی دانشگاه تهران

نتایج حاصل از ارزیابی طرح‌های اجرا شده قبلی بهای زیادی داده می‌شود؛ مدل‌های زهکشی برای مطالعات منطقه‌ای جایگاه کاربردی خود را یافته‌اند و روز به روز بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و سرانجام، توجه به مسائل زیست محیطی، معیارهای جدیدی را در طراحی زهکشی پیش رو قرار داده است.

در این مقاله، نگرش‌هایی نوین در طراحی زهکش‌ها و به ویژه در زهکشی زیرزمینی مورد توجه قرار گرفته است. اصلاح و بهبود معیارهای زهکشی با استفاده از ارزیابی زهکش‌هایی که قبلاً احداث شده‌اند، مدل‌های زهکشی و ملاحظات زیست محیطی از این جمله بشمار می‌روند.

۱ - مقدمه

آبیاری نیروی محرکه توسعه کشاورزی بشمار می‌رود. توسعه آبیاری از اواسط دهه ۶۰ تا اواسط دهه ۸۰ موجب افزایشی به میزان ۵۰ درصد در تولیدات کشاورزی جهان شده است. در برخی از کشورها همانند هند توسعه آبیاری به تنهایی باعث شده است که تولیدات کشاورزی صددرصد افزایش یابد [۲].

در سی سال نخست هزاره سوم، ۸۰ درصد جمعیت جهان در کشورهای در حال توسعه ساکن خواهند بود. اغلب سه میلیارد نفری که در این مدت به جمعیت جهان اضافه می‌شود، در کشورهای فقیر خواهند زیست. برای تغذیه کافی افراد، باید تولیدات کشاورزی در این مدت دو برابر شود. این موضوع فشار مضاعفی را به منابع طبیعی و به ویژه آب و خاک کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه یافته که صادرکننده تولیدات کشاورزی هستند وارد خواهد آورد [۲].

هم اکنون بسیاری از نقاط جهان با کمبود آب و مشکلات شدید زیست محیطی ناشی از روش‌های کشاورزی مواجهند. با این روند، نظام‌های کشاورزی به یقین پایدار نیستند [۳].

ماندابی شدن اراضی به همراه شوری، بسیاری از طرح‌های آبیاری را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش تولید شده است. رقابتی سهمگین برای دستیابی به آب، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک پیش رو است. نیازهای آب شرب و آب صنعتی

نسبت به آب کشاورزی در اولویت قرار گرفته‌اند. همینطور آب مورد نیاز برای بازسازی اکوسیستم‌های آبی نیز کم و بیش از آب مورد نیاز آبیاری، به ویژه در کشورهای پیشرفته صنعتی در حال پیشی گرفتن است [۳].

در مناطق مرطوب، چالش بزرگی در مورد زهکشی مرداب‌ها و تالاب‌ها وجود دارد. رهیافت‌های تازه‌ای برای بازگرداندن حیات طبیعی به تالاب‌ها از طریق قطع جریان زهکشی پیش رو قرار گرفته است. در آینده، کمبود آب، همراه با نگرانی‌های زیست محیطی، موجب خواهد شد که اصلاحات عمیقی در کشاورزی، محیط زیست و سیاست‌های اقتصادی در سطوح ملی و بین‌المللی صورت گیرد.

در حالیکه هنوز نیاز شدیدی به اجرای طرح‌های توسعه آبیاری و زهکشی وجود دارد، ولی جهان، دیگر طرح‌هایی که مشکلاتی را از نظر محیط زیست و پایداری کشاورزی بوجود می‌آورد پذیرا نیست. رویکرد آتی، حرکت به سوی کشاورزی پایدار از نظر اقتصادی و با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی خواهد بود [۳]. این روش نه تنها در مورد طرح‌های آبی، بلکه در مورد طرح‌های موجود نیز اعمال خواهد شد، زیرا اراضی بسیاری از این طرح‌ها در اثر بهره‌برداری و نگهداری نامناسب ماندابی و شور شده‌اند و یا مشکلات دیگری برای آنها پیش آمده است.

برای رسیدن به این رویکرد، باید به مدیریت منابع آب به صورتی جامع نگاه کرد [۲]. در مدیریت عالی کشور باید پذیرفته شود که مدیریت منابع آب باید بهبود یابد و اکوسیستم‌های وابسته به آب به عنوان منابع طبیعی ارزشمندی که کاربردی چندگانه دارند، مورد توجه قرار گیرند. حفاظت از کیفیت آب و بهبود کیفی آن باید بعنوان بخش لاینفک مطالعات طرح‌های آبیاری و زهکشی تلقی گردد [۳]. علاوه بر این باید کشاورزی از نظر اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست پایدار باقی بماند. در طرح‌های زهکشی اجرا شده قبلی، تمرکز مطالعات بر بهسازی و بازسازی سیستم، افزایش تولیدات و حفاظت محیط زیست خواهد بود.

به منظور پایدار کردن کشاورزی، از قیمت‌گذاری منطقی محصولات کشاورزی باید حمایت شود. ایجاد انگیزه‌های اقتصادی در طرح‌های کشاورزی و آبیاری و زهکشی باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. به عواملی که به تخریب محیط زیست

کمک می‌کنند نباید هیچگونه یارانه‌ای تعلق گیرد. در این صورت نیاز به همکاری‌های سازنده‌تر بین متخصصان آبیاری و زهکشی از یک سو و کارشناسان محیط زیست از سوی دیگر وجود دارد. علاوه بر توجه به مسائل فوق، باید از شکست‌ها و موفقیت‌های طرح‌های اجرا شده قبلی درس گرفت و از آنها در بهبود طرح‌های جدیدتر بهره جست. از این روست که ارزیابی طرح‌های گذشته و یا مطالعه بر روی مزارع آزمایشی نیز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود.

۲- بهبود معیارهای طراحی زهکشی

چنانچه معیارهای طراحی زهکشی به درستی انتخاب نشوند، نمی‌توان شبکه‌ای با کارایی لازم را طراحی کرد. نقش معیارهای طراحی در موفقیت یا عدم موفقیت یک طرح بسیار زیاد است. در ایران، متأسفانه، به علت اینکه پایش^(۱) طرح‌ها به درستی انجام نمی‌شود، بهبود قابل انتظاری نیز در معیارهای طراحی صورت نمی‌گیرد. کارشناسان طراح عموماً برای اطمینان از موفقیت طرح‌های خود، بسیار محافظه‌کارانه می‌اندیشند و اغلب معیارها را برای بدترین شرایط ممکن انتخاب می‌کنند. این امر منجر به پرهزینه شدن طرح‌ها می‌شود و با اعتبارات محدود، نمی‌توان نیاز سایر طرح‌ها را پاسخگو بود. در زیر به ذکر مواردی از این قبیل پرداخته می‌شود:

۲-۱- ضریب زهکشی

در بسیاری از روابط مبتنی بر جریان‌های ماندگار، فاصله زهکش‌ها تقریباً (نه تحقیقاً) با جذر ضریب زهکشی نسبت معکوس دارد. نگاهی سطحی به این رابطه، ممکن است نقش خطا را در برآورد ضریب زهکشی کم اهمیت جلوه دهد، اما توجه به این امر که کاهش ضریب زهکشی به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد موجب افزایش فاصله زهکش‌ها به میزان حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد می‌شود و در نتیجه موجب کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها می‌گردد، اهمیت آن را آشکار می‌کند.

همانطور که گفته شد، طراحان به طور عموم، به سبب در دسترس نبودن مزارع آزمایشی و عدم انجام پایش در طرح‌های اجرا شده، به حداکثر کردن پارامترهای ناشناخته می‌پردازند. در زمینه ضریب زهکشی، طراحان، به طور عموم، پر مصرف‌ترین گیاه را از میان الگوی کشت انتخاب می‌کنند. برخی از طراحان پا را از این حد نیز فراتر گذارده و به جای در نظر گرفتن فاصله زمانی یکی دو ماهه با حداکثر مصرف، کمترین فاصله آبیاری را برای تخلیه زه از دل خاک بر می‌گزینند. برخی از آنها نقش جمع‌کننده‌ها را در تخلیه زه‌آب نادیده می‌گیرند و بسیاری از آنها، زهکشی طبیعی خاک را فراموش می‌کنند و برخی دیگر ظرفیت ذخیره خاک در بین دو حد سطح استقرار زهکش‌ها و سطح تثبیت ایستابی را نادیده می‌گیرند. مجموعه این عوامل موجب می‌شود که ضریب زهکشی بیش از مقدار واقعی آن برآورد شود.

خوشبختانه در سال‌های اخیر گرایش در طراحان بوجود آمده است که براساس تجارب ملی و بین‌المللی، ضریب زهکشی طرح‌های جدید را کاهش دهند. از نمونه‌های این مسئله می‌توان از کاهش ضریب زهکشی در مغان از $4/5$ به $2/8$ میلیمتر در روز یاد کرد [۴]. در طرح آبیاری و زهکشی بهبهان نیز با در نظر گرفتن $1/5$ میلیمتر در روز بصورت پتانسیل زهکشی طبیعی، ضریب زهکشی از 4 به $2/5$ میلیمتر در روز کاهش یافته است. علیرغم این کاهش، هنوز نظر طراحان بر این است که ضریب زهکشی می‌توانست از این حد نیز کمتر باشد [۵].

در سطح بین‌المللی نیز این گرایش وجود دارد. در پاکستان، براساس ارزیابی طرح‌های قبلی، ضریب زهکشی از $3/5$ میلیمتر در روز در پروژه EKTDP (۱۹۷۶) به $0/95$ میلیمتر در روز در طرح MTD II (۱۹۹۴) کاهش یافته است. در مصر، ضریب زهکشی برای زمین‌های حاشیه رود نیل حدود $1/25$ تا $1/5$ میلیمتر در روز در نظر گرفته می‌شود [۴] که با توجه به اقلیم منطقه و کشت گیاه پنبه، از ضریب زهکشی در ایران بسیار کمتر است.

مطالعات انجام شده در مغان نشان می‌دهد که ضریب زهکشی را می‌توان ۲۵ تا ۳۰ درصد کمتر از مقداری در نظر گرفت که قبلاً در محاسبات طراحی منظور شده

است. این کاهش موجب می‌شود که فاصله زهکش‌ها از یکدیگر ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر شود [۴].

۲-۲ کاربرد نتایج ارزیابی طرح‌ها

طراحی زهکشی دشوار است. عوامل بسیار زیادی در طراحی زهکشی دخالت دارند. شناخت همه این عوامل، به ویژه عوامل مربوط به خاک به سادگی امکان‌پذیر نیست. خاک‌ها به ویژه خاک‌های رسوبی به اندازه‌ای متنوع هستند که ممکن است نتایج حاصل از بررسی در یک نقطه را نتوان به درستی به نقاط مجاور تعمیم داد. از میان این عوامل می‌توان به هدایت هیدرولیک خاک‌ها و تشخیص لایه محدود کننده اشاره کرد.

بهترین راه برای فائق آمدن به این مشکلات، احداث مزارع آزمایشی و یا ارزیابی طرح‌های مناطق مشابه است. این کار سال‌های سال است که در کشورهای پیشرفته انجام می‌شود و راهنمای بسیار خوبی برای رفع کاستی‌ها و اشتباهات گذشته است. حتی در کشورهایی نظیر هند، پاکستان و مصر نیز ارزیابی طرح‌های زهکشی به عنوان یک «اصل» پذیرفته شده و بطور پیوسته اصلاحاتی در طراحی زهکشی انجام می‌شود.

خوشبختانه در سال‌های اخیر، گرایشی در میان پژوهش‌گران و کارشناسان طراح ایجاد شده است که به ارزیابی طرح‌ها بپردازند. از بررسی نتایج ارزیابی‌های انجام شده می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

۲-۲-۱- لزوم شناخت پتانسیل زهکشی طبیعی

در طراحی، بطور معمول، تلاشی برای شناخت پتانسیل زهکشی طبیعی صورت نمی‌گیرد و مقدار آن ناچیز تلقی می‌شود. حقیقت این است که در اکثر موارد، چنین فرضی درست نیست. نتایج حاصل از ارزیابی طرح‌های بهیمن و زرینه‌رود مؤید این نظر است [۵ و ۶]. باید اذعان کرد که ارزیابی پتانسیل زهکشی طبیعی دشوار است، ولی باید کوشش‌هایی در جهت اندازه‌گیری و یا برآورد آن انجام شود.

۲-۲-۲- لزوم توجه به راه‌حل‌های غیر ساختمانی

برای حل مسائل زهکشی، لازم است که در درجه اول به راه‌حل‌های غیر ساختمانی توجه شود. انتخاب ترکیب کشت مناسب و پرهیز از در نظر گرفتن گیاهان پرمصرف برای مناطقی که به مشکلات زهکشی حساس هستند، می‌تواند یکی از این راه‌حل‌ها تلقی شود. بالا بردن راندمان‌های آبیاری نیز یکی دیگر از راه‌حل‌ها بشمار می‌رود [۵ و ۶].

۲-۲-۳- اختصاص اولین مزرعه زهکشی شده به مزرعه آزمایشی

مشکلات احداث مزرعه آزمایشی نسبتاً زیاد است. تجربه نشان داده است که این مزارع تاکنون از موفقیت چندانی در کشور برخوردار نبوده‌اند. کمبود نیروی انسانی، کمبود اعتبارات، عدم همکاری‌های مردمی، مشکلات مالکیت و مسائل مربوط به تأمین آب و تخلیه زه‌آب را می‌توان از جمله عوامل عدم موفقیت مزارع آزمایشی زهکشی در کشور دانست. از سوی دیگر، مزارع آزمایشی می‌توانند کمک زیادی به بهبود طراحی کرده و نتایج بسیار ارزشمند فنی و مالی را در پی داشته باشند. پیشنهاد می‌شود که برای کاهش این مشکل، اولین مزرعه زهکشی شده هر طرح به مزرعه آزمایشی تبدیل شود و مورد ارزیابی قرار گیرد و نتایج حاصل از آن برای اصلاح طراحی برای بقیه طرح استفاده شود [۴].

۳- بهره‌گیری از مدل‌های زهکشی

کار جدی بر روی مدل‌های زهکشی از سال‌های دهه ۱۹۷۰ توسط برخی از استادان و دانشجویان آغاز شد و در دهه ۱۹۹۰ بیشترین پیشرفت را حاصل کرد. مدل به مجموعه‌ای از دستورات، معادلات یا برنامه‌های کامپیوتری گفته می‌شود که برای کمی کردن عملکرد یک سیستم با توجه به تابع هدف بکار می‌رود [۱ و ۷]. بنابراین حتی می‌توان اولین قوانین حرکت آب در محیط متخلخل نظیر قانون داریسی که در سال ۱۸۵۶ ابداع شد را نیز یک مدل قلمداد کرد [۷] زیرا که با داشتن مقادیر پارامترها (هدایت هیدرولیک، K و شیب هیدرولیک، i)، می‌تواند سرعت، V ، را تعیین

کند. مدل‌های شبیه‌ساز، بطور عموم، اجزاء و پارامترهای زیادی را در نظر می‌گیرند و تغییرات پی در پی و مداوم عوامل را که در نتیجه اثرات متقابل آنها پیش می‌آید، بطور روزانه و یا ساعت به ساعت شبیه‌سازی می‌کنند [۷]. مدل‌های زهکشی امروزی، در حقیقت مدل‌های شبیه‌ساز هستند و مدل‌های پیشرفته، بطور عموم، هم به مسئله مدیریت سطح ایستابی می‌پردازند و هم به مسائل کیفیت نظیر وضعیت نمک، انتقال کود، رسوبات و سایر آلاینده‌ها توجه می‌کنند و در عین حال کاهش عملکرد در اثر تنش آبی و وضعیت شوری را نیز شبیه‌سازی می‌کنند.

آلبرت انیشتین گفته است که «نظریه باید تا حد ممکن ساده باشد بنحوی که نتوان آن را بطور ساده‌تری بیان کرد»^(۱). اسکگز همین سخن را در مورد مدل تکرار می‌کند [۷].

انتخاب مدل به نوع مشکل و فراهم بودن ورودی‌های آن بستگی دارد. علاوه بر این، باید به فرضیات به کار رفته در آنها نیز توجه شود. مدل‌های امروزی، بطور عموم، برای شرایط اشباع از فرضیات مشابه استفاده می‌کنند و بنابراین، استفاده از هر یک از آنها برای این شرایط، نتایج نسبتاً یکسانی را به دست می‌دهد [۷]. همین مدل‌ها در شرایط غیر اشباع فرضیات متفاوتی دارند و بهتر است که هنگام گزینش نوع مدل، به این موضوع توجه شود. بنابراین، هنگامی که سطح ایستابی عمیق است، حرکت در محیط غیر اشباع قابل ملاحظه بوده و انتخاب مدل مناسب اهمیت بیشتری می‌یابد. علاوه بر این، در نظر گرفتن شرایط مرزی نیز ضرورت دارد. مثلاً باید به این نکته توجه شود که آیا کدامیک از مدل‌های یک، دو و یا سه بعدی پاسخگوی نیازهاست؟ علاوه بر این، انتخاب نوع مدل، به نوع داده‌ها، تنوع اطلاعات، تجربه کاربران و هزینه تهیه این عوامل بستگی دارد.

همانطور که گفته شد، مدل‌های شبیه‌ساز زهکشی، اثرات بسیاری از عوامل را بر روی مدیریت سطح ایستابی مورد توجه قرار می‌دهند. هرچه تعداد عوامل افزایش یابد، روش‌ها پیچیده‌تر می‌شود و خطر اشتباه کاهش می‌یابد؛ ولی در عوض هزینه

1 - A theory should be as simple as possible, but no simpler

اجرای مدل زیاد می‌شود و ممکن است که نتوان داده‌های مورد نیاز آن را به درستی فراهم آورد [۱ و ۷].

امروزه، با استفاده از مدل‌ها می‌توان شرایط بهینه‌ای را انتخاب کرد که در آن بتوان با حداقل هزینه‌ها به بهترین نتایج از نظر مدیریت آب و خاک دست یافت. با استفاده از مدل‌ها می‌توان فاصله و عمق مناسب زهکش‌ها را با کاربرد داده‌های واقعی درازمدت تعیین و ارزیابی نمود و از طراحی بیش از نیاز^(۱) اجتناب کرد. در هر حال، دریافت پاسخ صحیح مستلزم ارائه داده‌های درست است و چنانچه داده‌های مربوط به خاک، گیاه، اقلیم و هزینه‌ها به دقت تهیه نشود و به مدل ارائه نگردد، نباید انتظار داشت که پاسخ صحیحی دریافت شود.

نگارنده از کاربرد مدل‌های شبیه‌ساز زهکشی در طرح‌های اجرایی کشور بی‌اطلاع است و به نظر می‌رسد که اقدامی عملی در این راه صورت نگرفته باشد. یکی از دلایل این امر، نبود اطلاعات کافی و عدم تلاش برای بدست آوردن داده‌های درازمدت بوده است. لازم به ذکر است که به تازگی از مدل DRAINMOD در چند پایان‌نامه تحصیلی استفاده شده و همین موضوع می‌تواند مقدمه‌ای برای کاربرد آن در طرح‌های اجرایی کشور باشد.

۴- ملاحظات زیست محیطی

کشاورزی پایدار، علاوه بر توجه به مسائل اقتصادی، نیازمند توجه به مسائل زیست محیطی است. در زهکشی، مسائل مهم محیط زیست عبارتند از: رسوب‌گذاری، شوری مجدد خاک، شوری پس‌آب آبیاری، انتقال و تجمع نیترات‌ها، فسفر، بقایای حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، عناصر کمیاب نظیر سلنیم (Se)، بر (B)، کادمیم (Cd)، آرسنیک (As)، سرب (Pb)، جیوه (Hg) و مولیبدن (Mo) در منابع آبی پایین دست و اختلال در تنوع زیستی گیاهان و جانوران.

وسعت اراضی زهکشی شده جهان، اعم از زهکشی سطحی یا زیرزمینی، به ۱۵۰ میلیون هکتار بالغ می‌شود. براساس آمار سال ۱۹۹۰، مساحت زمین‌های با زهکشی

زیرزمینی در جهان ۵۳/۴ میلیون هکتار است. افزایش سریع جمعیت جهان موجب شده است که اراضی فاریاب گیتی از حدود ۴۸ میلیون هکتار در سال ۱۹۰۰ به ۹۴ میلیون هکتار در سال ۱۹۵۰ (تقریباً ۲ برابر) و ۲۴۰ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۰ (۵ برابر سال ۱۹۰۰) برسد. علیرغم این توسعه، در حال حاضر سالانه ۲ تا ۴ میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر شوری و یا باتلاقی شدن از دست می‌رود. در حالی که در ابتدای هزاره سوم، برای تغذیه کافی باید سالانه ۲/۵ درصد به اراضی فاریاب اضافه شود، تقریباً ۱ تا ۲ درصد زمین‌های تحت آبیاری از چرخه بهره برداری خارج می‌گردند [۸]. بنابراین، شک نیست که هنوز چاره کار در زهکشی اراضی وسیع است. اصولاً هیچگاه و هیچگاه نباید فراموش کرد که آبیاری بدون زهکشی (طبیعی یا مصنوعی) نمی‌تواند پایدار باشد. تمدن‌های از دست رفته کشاورزی در بین‌النهرین و برخی دیگر از نقاط جهان گواهی بر این مدعا است.

خدماتی که زهکشی به جهان کرده، بسیار ارزشمند است. حدود نیمی از کشور هلند و برخی از مناطق فرانسه و انگلستان از زیر آب دریا به بیرون کشیده شده است. اروپاییان با مهاجرت به امریکا، مدیریت توسعه آب و به ویژه زهکشی را به امریکا بردند و از همه مهمتر، مهندسی زهکشی بود که اراضی نواحی مرکزی امریکا را احیا کرد و به حاصلخیزترین زمین‌های زراعی مبدل ساخت. امروزه حاصلخیزترین اراضی اروپا و امریکا زمین‌هایی هستند که به زهکشی مجهزند [۲]. زهکشی با تخلیه آب اضافی و کنترل شوری خاک نقش ارزنده‌ای را در تولیدات کشاورزی بازی می‌کند و با ایجاد شرایط هوایی در خاک، به تجزیه آلاینده‌ها کمک می‌کند و در حقیقت در راستای بهبود محیط زیست قرار می‌گیرد [۹].

آنچه که تاکنون بیان گردید، جنبه‌های مثبت زهکشی بود. به هر حال، زهکشی مشکلاتی را نیز در جهان بوجود آورده است. نزدیک به ۵۰ درصد مرداب‌های^(۱) ایالات متحده با کمک زهکشی به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده است. این امر موجب مهاجرت برخی از گونه‌های پرندگان شده و یا تراکم آنها در سایر مرداب‌ها را افزایش داده و مشکلاتی را ایجاد کرده است. مرگ دریاچه آرال فاجعه دیگری بوده

است که در اثر طرح‌های توسعه آبیاری به وقوع پیوسته است. مرداب‌ها و تالاب‌ها در پالایش مواد آلوده کننده، تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی، ذخیره سیلاب و کاهش فرسایش نقش دارند. تالاب‌ها همچنین محیط زیست لازم و مناسبی برای گیاهان و جانوران آبی بشمار می‌روند و نقش تفریحی و سیاحتی آنها نیز زیاد است [۳].

زه‌آب اراضی کشاورزی، به طور عموم، حاوی مقادیر بیشتری نمک نسبت به آب آبیاری است. بهترین حالت این است که زه‌آب حاصله به دریاها یا آزاد بریزد. در هر حال، زه‌آب تولیدی، در مسیر خود تا به دریا، برای آبیاری زمین‌های پایین دست مشکلاتی را ایجاد می‌کند.

گذر آب از برخی تشکیلات زمین‌شناسی موجب شسته شدن و انتقال بعضی عناصر می‌شود که بسیار سمی و خطرناکند. به عنوان نمونه می‌توان از انتقال سلنیم (Se) در دره سن یواکین در کالیفرنیا نام برد که موجب مشکلات شدید زیست محیطی شده است.

لازم به ذکر است که زهکشی به تنهایی و به خودی خود آفریننده همه مشکلات زیست محیطی نیست، بلکه تنها تسهیل‌کننده این مشکلات محسوب می‌شود. به عنوان مثال، آلاینده‌های فسفر، نیترات، علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در اثر اعمال زراعی به خاک افزوده شده و بخشی از آنها بوسیله زهکشی به مناطق پایین دست منتقل می‌شود. از این روی، نباید زهکشی را به عنوان ایجاد کننده این بخش از مشکلات زیست محیطی دانست.

برخی از اثرات منفی زهکشی قابل پیش‌گیری، بعضی از آنها قابل کاهش و برخی دیگر غیر قابل اصلاح هستند. بدون زهکشی (طبیعی یا مصنوعی)، کشاورزی فاریاب در درازمدت امکان‌پذیر نیست. مسئله این است که بتوان به نحوی قابل پذیرش، بین منافع اجتماعی ناشی از تولید مواد غذایی و منافع اجتماعی حاصل از محیط زیست سالم تعادل برقرار کرد. در این راستا باید تحلیل‌های عمیق اقتصادی و اجتماعی صورت گیرد و نقطه تعادل هر جامعه مشخص شود. نقطه تعادل با زمان و مکان تغییر می‌یابد. به عنوان مثال، کنگره ایالات متحده آمریکا در سال‌های ۱۸۴۹ و ۱۸۵۰ قانونی را وضع کرد که به موجب آن دولت موظف شد تا مرداب‌ها را به زمین‌های

کشاورزی تبدیل کند و آنها را به فروش برساند. این یک قرارداد اجتماعی مربوط به ۱۵۰ سال پیش بود. اما در ۱۹۸۵ قرارداد اجتماعی تغییر کرد و چنین تصویب شد که دولت اراضی کشاورزی مرداب‌ها را با خرید اعیانی مستحدثات، دوباره به حالت طبیعی اولیه خود برگرداند [۳].

نگرشی معقولانه‌تر به مسائل زهکشی و محیط زیست در جهان در حال شکل‌گیری است. براساس این نگرش، طراحی زهکشی باید به شیوه‌ای انجام گیرد که ضمن افزایش تولیدات کشاورزی، شاخص‌های زیست محیطی نیز بهبود یابد. از همین روست که باید ملاحظات دیگری نیز در طراحی زهکشی مورد توجه قرار گیرد.

۴-۱- فرسایش و رسوب‌گذاری

زهکشی زیرزمینی موجب کاهش جریان سطحی است. از این رو، زهکش زیرزمینی را می‌توان به عنوان عامل بهبود محیط زیست در این زمینه به حساب آورد. به عکس، زهکش‌های سطحی با فرسایش و تغییر محل خاک، عامل تخریب کننده محیط زیست به شمار می‌روند. با کنترل شیب زهکش‌های سطحی، می‌توان فرسایش و رسوب‌گذاری را به حداقل ممکن کاهش داد.

۴-۲- کودهای شیمیایی

نیترژن به صورت نیتراتی عامل تخریب‌کننده محیط زیست تلقی می‌شود. این ماده شیمیایی که بطور عمده بوسیله کود به زمین اضافه می‌شود، توسط زهکش‌های سطحی و زیرزمینی دفع می‌گردد. کودهای نیتراتی به میزان زیادی محلول هستند. بیشترین مقدار دفع این ماده، در اولین آبیاری پس از کوددهی توسط زهکش سطحی و به صورت غیرمعدنی است [۱۰ و ۱۱]. هر چه زهکشی زیرزمینی ضعیف‌تر باشد، دفع نیترژن معدنی توسط زهکش‌های زیرزمینی کمتر است. از همین خاصیت می‌توان استفاده کرد و با تعیبه شیری در انتهای زهکش زیرزمینی، مدتی از خروج زه‌آب جلوگیری کرد و به خاک و موجودات ذره‌بینی اجازه داد تا عمل دنیتریفیکاسیون را انجام دهند. به این ترتیب، خطرات زیست محیطی کاهش می‌یابد. ثابت شده است که این عمل، نه تنها در کاهش دفع نیترژن، بلکه در مورد دفع فسفر

به صورت فسفات و بقایای سموم دفع آفات نباتی نیز مؤثر است. این کار می‌تواند به کمک زهکشی کنترل شده و یا عمل توأم آبیاری زیرزمینی و زهکشی نیز انجام شود [۱۱].

فسفر به عنوان ماده‌ای مغذی موجب غنی‌سازی^(۱) اکو سیستم آبی می‌شود و تعادل گیاهی و جانوری را در اکو سیستم پایین دست به هم می‌زند. جابجایی فسفر به دو حالت محلول و معلق تنها می‌تواند توسط زهکش‌های سطحی انجام شود. بنابراین، دفع فسفر نیز به طور عموم در زهکش‌های سطحی بیش از زهکش‌های زیرزمینی است. هر چه نفوذپذیری خاک کمتر باشد، نسبت دفع فسفر توسط زهکش‌های سطحی افزایش می‌یابد. راه‌های کاهش خطرات کودهای شیمیایی که از زهکش‌های سطحی خارج می‌شوند، استفاده از استخرهای طبیعی و مصنوعی، مرداب‌ها، نوارهای سبز^(۲)، کانال‌های سبز^(۳)، فیلتر چمنی^(۴)، فیلتر خاکی^(۵) و حوضچه‌های تبخیری^(۶) است [۹].

۳-۴- علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها

علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها، به طور عمده، بوسیله زهکش‌های سطحی، بلافاصله پس از اولین آبیاری یا بارندگی دفع می‌شوند. هر چقدر وضعیت زهکشی زیرزمینی ضعیف‌تر باشد، سموم فرصت بیشتری برای تجزیه دارند؛ اما ضعف سیستم زهکشی زیرزمینی، به طور عموم، موجب افزایش رواناب می‌شود. از این روی، مقدار دفع علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در زهکشی سطحی افزایش می‌یابد. بنابراین، در هر مورد باید حد بهینه‌ای را یافت. در هر حال، ثابت شده است که وجود زهکش زیرزمینی موجب کاهش دفع سموم می‌شود [۱۱].

-
- 1 - Euthrophication
 - 2 - Buffer Strips
 - 3 - Vegetated Channels
 - 4 - Grass Filter
 - 5 - Soil Filter
 - 6 - Evaporation Ponds

۴-۴- عناصر کمیاب

عناصر کمیابی که به طور معمول مشکلاتی را برای محیط زیست فراهم می‌کنند عبارتند از سلنیم (Se)، بر (B)، کادمیم (Cd)، آرسنیک (As) و فلزات سنگین. حتی مقادیر بسیار کم این عناصر نیز به شدت سمی هستند. برای رفع مشکلات زیست محیطی هر یک از این عناصر، توجه به منشاء پیدایش آنها ضرورت دارد. برای کاهش خطرات هر یک از این عناصر باید راه چاره خاصی را با توجه به شرایط محیطی انتخاب کرد.

به عنوان مثال می‌توان به روش خاصی که در یک منطقه کالیفرنیا به کار برده شده است اشاره کرد. در این منطقه با مرگ و تغییر شکل فلامینگو که گونه‌ای از پرندگان مهاجر بشمار می‌رود، مشخص شد که علت این مشکل، وجود سلنیم در زه‌آب و پس‌آب آبیاری است. برای دفع زه‌آب و پس‌آب آبیاری، تصمیم گرفته شد که از حوضچه‌های تبخیری استفاده شود و از ریختن آن به منابع آب رودخانه‌ای و دریاچه‌ای جلوگیری گردد. بررسی‌ها نشان داد که فلامینگوها در استخرهایی که شیب بدنه آنها تند است سکنی نمی‌گزینند. به همین دلیل، دو نوع حوضچه طراحی شد: حوضچه‌های با شیب تند و با شیب بدنه ملایم. در حوضچه‌های با شیب تند، زه‌آب و پس‌آب آبیاری به منظور تبخیر ریخته شد و حوضچه‌های با شیب آرام با آب آبیاری پر شد. فلامینگوها، حوضچه‌های با شیب آرام را برگزیدند و مشکلات زیست محیطی در ارتباط با این پرند مرتفع گردید. چنانچه مشکلات مربوط به عناصر کمیاب مربوط به تشکیلات زمین‌شناسی باشد، باید شستشوی خاک به حداقل برسد. بنابراین، زهکش‌هایی که در اعماق کمتر و در فاصله‌ای کمتر از یکدیگر نصب می‌شوند، می‌توانند عناصر کمیاب کمتری را شسته و به تخلیه‌گاه نهایی حمل کنند.

۵- سهم بخش‌های مختلف در آلودگی محیط زیست

شاید بجا باشد که تکرار شود سهم زهکشی به خودی خود در آلودگی محیط زیست زیاد نیست، بلکه زهکشی، تنها ابزار و وسیله‌ای برای انتقال آلاینده‌ها بشمار می‌رود. شاید ذکر این نکته خالی از حقیقت نباشد که آلودگی، به طور عمده، ناشی از

کاربرد مواد شیمیایی و روش‌های زراعی است. در مناطق خشک که کشاورزی به آبیاری متکی است، آبیاری موجب ایجاد زه‌آب و یا پس‌آب می‌گردد. زهکشی زیرزمینی موجب کاهش زه‌آب سطحی می‌شود. زه‌آب‌های سطحی به طور معمول نسبت به زه‌آب‌های زیرزمینی حاوی مقادیر بیشتری از رسوبات، فسفر و سموم گیاهی است. بنابراین، افزایش راندمان کاربرد آب و کاستن از رواناب سطحی، به بهبود محیط زیست کمک می‌کند. یکی از روش‌های کاهش رواناب سطحی، بهبود سیستم زهکشی زیرزمینی است. بنابراین، زهکشی زیرزمینی نیز به نوبه خود سهم بیشتری در بهبود محیط زیست و یا سهم کمتری در آلودگی آن دارد.

از سوی دیگر، زهکشی زیرزمینی، به طور معمول، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از نیتروژن به صورت نیتراتی را وارد آب‌های سطحی می‌کند. به این ترتیب، وجود تعادل بین زه‌آب‌های سطحی و زیرزمینی اثر قابل ملاحظه‌ای بر دفع آلوده‌کننده‌ها دارد و باید حد بهینه‌ای بین این دو برقرار گردد.

۶- تدابیر زیست محیطی مناسب در مناطق فاریاب

در مناطق خشک و نیمه خشک، مهمترین اولویت، رهایی از شوری خاک و جلوگیری از شورشدن مجدد آن در اثر آبیاری است. در این راستا، به غیر از زهکشی مصنوعی که یک راه حل ساختمانی بشمار میرود، باید به دنبال راه‌های غیر ساختمانی نیز بود. کاهش مصرف آب از طریق بالا بردن راندمان و تغییر الگوی کشت همراه با استفاده مجدد از پس‌آب آبیاری برای گیاهان مقاوم‌تر به شوری از جمله این تدابیر بشمار می‌روند.

در حال حاضر، راندمان کل آبیاری در کشورهای پیشرفته‌ای نظیر امریکا ۵۰ درصد و در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران بین ۲۵ تا ۳۰ درصد است. آب استفاده نشده بوسیله گیاه، موجب انتقال املاح، رسوبات و عناصر سمی و کمیاب به منابع آب‌های سطحی شده و یا آب‌های زیرزمینی را آلوده می‌کند.

در هر حال پذیرفته شده است که آبیاری، اثرات منفی و مخرب بر محیط زیست دارد. در این صورت و با توجه به اینکه اصولاً آبیاری برای رهایی بشر از کم غذایی

اجتناب‌ناپذیر است، باید پذیرفته شود که پس‌آب آبیاری و زه‌آب باید یا به حداقل ممکن کاهش یابد و یا اینکه اصولاً، تصفیه شود [۳]. آنچه که برای آینده می‌توان پیش‌بینی کرد این است که راندمان‌های آبیاری افزایش خواهد یافت، زه‌آب آبیاری به چاه‌های بسیار عمیق تزریق خواهد شد، کیفیت منابع آب مورد استفاده به دقت مورد توجه قرار خواهد گرفت و از استعمال آب‌های نامناسب جلوگیری خواهد شد، و زه‌آب‌ها نمک‌زدایی شده و از نظر شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه خواهند گردید [۳]. اما از میان همه این تمهیدات، شاید بهترین تدبیر این باشد که کیفیت زه‌آب از منبع یعنی آب آبیاری کنترل شود. به عبارت دیگر، استفاده از آب با کیفیت بالاتر و به کمترین حد ممکن می‌تواند از بهترین راه حل‌ها برای کاهش خطرات زیست محیطی طرح‌های توسعه آبیاری و زهکشی تلقی گردد.

۷- بازسازی اکوسیستم‌های تخریب شده

در مناطق خشک و نیمه خشک، معمولاً استفاده از آب رودخانه‌ها برای مصارف کشاورزی و آبیاری بیش از حد است و موجب خشک شدن و یا کم آبی شدید در قسمت‌های انتهایی آنها می‌شود. نتیجه این کار، نابودی حیات وحش و آبزیان، از بین رفتن گونه‌های گیاهی و کیفیت نامناسب آن در نواحی پایین دست به علت تخلیه فاضلاب‌های شهری و کشاورزی و بالا رفتن غلظت آلاینده‌هاست. این مشکل را می‌توان در رودخانه کارون مشاهده کرد. از راه حل‌های این مشکل، می‌توان به کاهش سطح اراضی تحت آبیاری و تغییر الگوی کشت و بالا بردن راندمان آبیاری اشاره کرد.

رویکرد آینده، به یقین، این خواهد بود که دبی پایین دست در حد نیاز تامین شود. در کشورهای پیشرفته صنعتی، فشار طرفداران محیط زیست و در کشورهای در حال توسعه، فشار فزاینده موسسات بین‌المللی تأمین مالی و نیاز بیشتر به پروتیین آبزیان، طرح‌های آبی را به این سو سوق خواهند داد [۳].

۸ - کشاورزی پایدار و مسائل زهکشی

کشاورزی فاریاب تنها ۱۸ درصد اراضی کشاورزی جهان را تشکیل می‌دهد. این در حالی است که ۳۳ درصد تولیدات کشاورزی از همین اراضی بدست می‌آید. در زمین‌هایی که زهکشی طبیعی در آنها به مقدار کافی وجود ندارد، زهکشی مصنوعی اجتناب‌ناپذیر است. زهکشی جزء غیرقابل تفکیک کشاورزی پایدار بشمار می‌رود. هزینه زهکشی نسبتاً زیاد است و به همین جهت مسئولین در انجام زهکشی تعلل می‌کنند و به طور معمول تا زمانی که مسائل شوری و ماندابی شدن به درجه حاد خود نرسیده باشد، سرمایه‌گذاری در آن را روا نمی‌دارند. پرداخت‌های بانک جهانی را شاید بتوان معیار مناسبی برای این کار به حساب آورد. در دهه ۱۹۸۰ مبلغ ۱۱ میلیارد دلار برای طرح‌های آبیاری توسط این بانک پرداخت شده ولی در همین مدت تنها ۸ درصد این مبلغ به طرح‌های زهکشی اختصاص یافته است [۳]. عدم پایداری کشاورزی تنها مشکل کشورهای در حال توسعه نیست. به عنوان مثال، زهکشی اصلی دره سن‌یواکین در کالیفرنیا با دو میلیون هکتار زمین فاریاب هنوز احداث نشده و بنابراین شوری و آب‌ماندگی تمامی منطقه را تهدید می‌کند [۳].

در تمامی جهان، حدود ۳۰ میلیون هکتار از اراضی به شدت شور است و ۸۰ میلیون هکتار دیگر نیز به درجات مختلف از شوری رنج می‌برد (Umali, ۱۹۹۳). برای رهایی از مشکلات شوری، غالباً نیاز به زهکشی و آبشویی وجود دارد. بدون انجام این کارها نمی‌توان کشاورزی پایدار داشت.

سدیمی بودن خاک نیز با سفت‌کردن خاک سطحی و کاهش نفوذپذیری، موجب کاهش عملکرد و ناپایداری کشاورزی می‌شود. با بالا رفتن غلظت نمک‌ها در خاک، غلظت آلاینده‌ها در زه‌آب نیز افزایش می‌یابد و تخلیه آن به آب‌های سطحی یا زیرزمینی، محیط زیست را آلوده می‌کند.

بهترین پیشنهادی که برای داشتن کشاورزی پایدار از نظر زیست محیطی تاکنون شده است، استفاده از روش‌های «نهاد کم، کشاورزی پایدار»^(۱) یا LISA است. در این شیوه عمل، نهاده‌های مربوط به حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کودهای شیمیایی به حداقل می‌رسد و در عوض، از تناوب، کشت گیاهان خانواده بقولات و کودداری استفاده می‌شود به نحوی که کشاورزی بتواند از نظر اقتصادی نیز همچنان پایدار باقی بماند. این شیوه عمل هم اکنون در برخی نقاط جهان به ویژه در امریکا و اروپا گسترش یافته و نظر طرفداران زیادی را به خود جلب کرده است.

در بسیاری موارد توصیه می‌شود که به جای توسعه شبکه‌های جدید و مدرن آبیاری، شبکه‌های سنتی و قدیمی بهبود پیدا کنند و کلیه طرح‌های جدید از نظر محیط‌زیست مورد ارزیابی قرار گیرند. در این ارزیابی سه مسئله مهم، به یقین، مورد توجه قرار خواهد گرفت: زهکشی کافی، بهترین روش‌ها برای کنترل آلاینده‌ها و روش‌های LISA.

منابع

- ۱- نمونه‌های زهکشی، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ابراهیم پذیرا، مهدی همائی، ۱۳۸۰
- 2- Introduction, Ch.1 Agricultural Drainage, R.W. Skaggs and J. van Schilfgaarde, 1999
- 3- Future Perspective on Agricultural Drainage, Ch. 41 Agricultural Drainage, Mohamed T. El _Ashry and Alfred M. Duda, 1999
- ۴- تعدیل ضریب زهکشی در دشت مغان، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، اردوان آذری، بهروز مصطفی زاده، ۱۳۸۰
- ۵- ارزیابی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، احمد لطفی، ۱۳۸۰
- ۶- ارزیابی پارامترهای طراحی زهکشی زیرزمینی در طرح زرینه رود، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. مصطفی وطن زاده، محمد باقر نحوی و خلیل رودکی، ۱۳۸۰
- 7- Drainage Simulation Models, Ch. 13 Agricultural Drainage, R.W. Skaggs, 1999
- ۸- مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۲۳، مجتبی اکرم، ۱۳۷۸
- ۹- اثرات زیست محیطی زهکشی اراضی، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، سید جلال جبلی، ۱۳۸۰
- ۱۰- ملاحظات زیست محیطی در طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی، مجموعه مقالات دومین کارگاه زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صمد دربندی، ۱۳۸۰
- 11- Water Quality Effects of Drainage in Humid Regions, Ch. 24 Agricultural Drainage, J.W. Gilliam, J.L. Baker, and K.R. Reddy, 1999

نمون‌های زهکشی^(۱)

ابراهیم پذیرا^(۲) و مهدی همائی^(۳)

پیشگفتار

دهه ۹۰ میلادی را می‌توان دورهٔ تدوین و پردازش نمون‌های (مدل‌های) نظری و کاربردی نامید. در این دهه با بکارگیری رایانه‌های پیشرفته، انبوهی از اطلاعات و داده‌های موجود گردآوری، جمع‌بندی و منتشر گردید و بسیاری از مدل‌های فرا آمده نسبت به اعداد و ارقام واقعی مورد سنجش قرار گرفتند. در این مقاله تلاش بر آن است تا برخی از نمون‌های موجود که کاربرد نسبتاً بیشتری در زهکشی اراضی دارند، معرفی گردند. هر چند که مبانی نظری مدل‌های موجود از سال‌ها پیش در کتاب‌های کلاسیک آب و خاک مورد کنکاش پژوهشگران قرار داشته، لیکن در دهه گذشته توجه زیادی به بیان ساختاری مدل‌ها شده است. هنکس و ریچی^(۴) (۱۹۹۱) کاربرد مدل‌های زهکشی را به تفصیل مورد بررسی قرار داده‌اند. ریتزما^(۵) (۱۹۹۴) نیز اصول زهکشی را که پیش نیاز تدوین مدل‌های زهکشی است، بیان کرده است. کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی^(۱) (۱۹۹۷) کارگاه آموزشی «زهکشی در قرن ۲۱» را در کشور مالزی برگزار کرد و مجموعه مقالات آن در سه جلد انتشار یافته است. انجمن مهندسی زراعی ایالات متحده^(۷) (۱۹۹۸) سمپوزیوم «زهکشی در قرن ۲۱، تولید مواد غذایی و محیط زیست» را برگزار کرد که در مجموعه مقالات آن کاربرد مدل‌های مختلف زهکشی مورد بحث قرار گرفته است. کمیسیون بین‌المللی

۱- ارائه شده در «دومین کارگاه فنی زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران - ۱۳۸۰

۲- استاد واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی - تهران

۳- استادیار دانشگاه تربیت مدرس

4 - Hanks and Ritchie

5 - Ritzema

6 - ICID

7 - ASAE

مهندسی زراعی^(۱) (۱۹۹۹) کتاب راهنمای خود را در پنج جلد انتشار داد که جلد نخست به زهکشی اراضی اختصاص دارد. سرانجام اسکگز و وان شیلفگارد^(۲) (۱۹۹۹) مدل‌های زهکشی را در سه فصل مورد کنکاش قرار داده‌اند.

۱ - مقدمه

پیش از آنکه به معرفی نمون‌های زهکشی بپردازیم، ابتدا مفهوم "مدل یا نمون" را مرور می‌کنیم. طبق تعریف هنکس و ریچی (۱۹۹۱) مدل عبارت است از:

"A model has been defined as a small imitation of the real thing or as a system of postulates, data and inferences presented as a mathematical description of an entity or state of affairs. Models can also be used as a technique to organize what is known about a subject into a system showing the effect of the interrelation of many factors on some desired result."

طبق تعریف اسکگز (۱۹۹۹) مدل عبارت است از:

"Model is defined as a set of guidelines, equation or computer programs that can be used to quantify the performance of a system in terms of an objective function or functions".

و مدل شبیه ساز^(۳) عبارت است از:

"Model that considers the continuous effects and interactions of the processes that govern soil water conditions are called simulation models."

1 - CIGR
2 - Skaggs and van Schilfgaarde
3 - Simulation Model

۲- مدل‌های رایج زهکشی

ابتدا لازم است که دو مفهوم "مدل‌سازی"^(۱) و "شبیه‌سازی"^(۲) را از یکدیگر تفکیک کنیم زیرا مدل‌سازی به معنی «ساختن» یک مدل و شبیه‌سازی به معنای «استفاده» از مدل است. برخی از مدل‌های رایج زهکشی در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

DRAINMOD - ۱-۲

یکی از مدل‌هایی است که به منظور "شبیه‌سازی" مدیریت آب در سطح وسیعی بکار گرفته شده است (اسکگز، ۱۹۸۲). این مدل می‌تواند موقعیت‌های مختلف سطح ایستابی را برای محاسبه بیلان آبی مقطع نازکی از خاک که بین دو زهکش قرار گرفته‌اند، شبیه‌سازی کند.

بیلان آبی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\Delta V_a = D + ET + D_s - F \quad (۱)$$

که در آن: ΔV_a ، تغییرات میزان خلل و فرج خالی از آب (رطوبت)، D عمق آبی که از طریق آبیاری زیرزمینی تأمین می‌گردد و یا عمق آب زهکشی خارج از مقطع مورد نظر، ET هدر رفت رطوبت از طریق تبخیر و تعرق، D_s هدر رفت رطوبت از طریق تراوشات عمقی، و F میزان آب (رطوبت) نفوذی به درون مقطع فوق‌الاشاره می‌باشد. هرگاه خاک بوسیله آب پوشیده و یا اشباع نباشد، شدت تخلیه^(۳) زهکش‌های زیرزمینی با استفاده از معادله هوخهات^(۴) محاسبه می‌شود:

$$q = \frac{8K_e.d_e.m + 4K_e.m^2}{L^2} \quad (۲)$$

که در آن: q شدت تخلیه، K_e هدایت هیدرولیک مؤثر و جانبی خاک، m ارتفاع سطح

-
- 1 - Modelling
 - 2 - Simulation
 - 3 - Drainage Flux
 - 4 - Hooghoudt

ایستابی در حد وسط و بالای سطح استقرار زهکش‌ها، L فاصله زهکش‌های زیرزمینی، و d_e عمق معادل^(۱) لایه غیر قابل نفوذ زیر محل استقرار زهکش‌ها است. در این معادله عمق معادل به جای عمق واقعی لایه غیر قابل نفوذ به دلیل لحاظ نمودن افت بار و همگرایی جریان در نزدیکی زهکش‌ها بکار گرفته شده است (اسکگز، ۱۹۹۱).

چنانچه آبیاری به صورت زیرزمینی انجام شود، شدت جریان^(۲) با استفاده از معادله ارنست^(۳) بدست خواهد آمد (اسکگز ۱۹۸۱).

$$q = \frac{4 K_e \cdot m [2h_0 + (h_0/D_0)m]}{L^2} \quad (3)$$

که در آن: m ارتفاع سطح ایستابی در حد وسط دو زهکش منهای ارتفاع سطح آب درون زهکش‌ها، h_0 معادل ارتفاع سطح ایستابی درون زهکش‌ها، و D_0 ارتفاع واقعی سطح ایستابی درون زهکش‌ها است. مقایسه روابط (۲) و (۳) مؤید برقراری تساوی زیر بین متغیرهای فیزیکی بکار رفته است:

$$2d_e + m = 2h_0 + (h_0/D_0)m$$

هرگاه سطح ایستابی در سطح خاک قرار گرفته باشد، شدت تخلیه (زهکشی) از معادله کرکهام^(۴) محاسبه می‌گردد:

$$q = \frac{2\pi K_e (t + b - \pi_0)}{GL} \quad (4)$$

که در آن: t عمق آب استغراقی روی سطح خاک، b عمق نصب زهکش، π_0 شعاع مؤثر زهکش، G یک سری نامتناهی که تابعی از عمق نصب زهکش‌ها، شعاع زهکش، عمق نیمرخ خاک، ضخامت لایه خاک از محل نصب زهکش‌ها تا لایه غیر قابل نفوذ و فاصله زهکش‌ها می‌باشد.

-
- 1 - Equivalent Depth
 - 2 - Flux
 - 3 - Ernst
 - 4 - Kirkham

این مدل همچنین قادر به محاسبه بیلان آب سطحی به منظور برآورد نفوذپذیری^(۱)، روان آب^(۲) و انبارش سطحی^(۳) نیز می باشد:

$$P = F + \Delta S + RO \quad (5)$$

که در آن: F نفوذپذیری، ΔS تغییرات میزان ذخیره یا نگهداری در سطح خاک، و RO روان آب سطحی است. نفوذپذیری نیز خود از معادله گرین و امپت^(۴) محاسبه می شود:

$$f = A/F + B \quad (6)$$

که در آن: f نفوذپذیری، F نفوذ تجمعی، و A و B ضرایب تجربی معادله می باشند. در معادله (۶) فرض می شود که هر مقدار بارندگی افزون بر مقدار نفوذپذیری، ابتدا به سوی گودال های سطحی جریان یافته و موجب ذخیره یا نگهداری سطحی می گردد و پس از رسیدن به حداکثر میزان نگهداری سطحی، روان آب آغاز می شود. تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_p) در این مدل از روش تورن ویت^(۵) بدست می آید. تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده با مقدار رطوبت انبارش و قابل عرضه در نیمرخ خاک مورد مقایسه قرار می گیرد و هرگاه میزان رطوبت قابل عرضه در نیمرخ خاک محدود نباشد، مقدار تبخیر و تعرق (ET) به جای تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_p) بکار می رود. در غیر این صورت مقدار تبخیر و تعرق (ET) برابر با مقدار آب قابل عرضه در نیمرخ خاک مساوی در نظر گرفته می شود. این مدل افزون بر اجزای هیدرولوژیکی می تواند استراتژی های متفاوت مدیریت سطح ایستابی را در بازده محصول بررسی کند. الگوریتم^(۶) مدل به گونه ای است که می تواند کاهش عملکرد را نیز در صورت وجود تنش آبی برآورد نماید.

-
- 1 - Infiltration
 - 2 - Run-Off
 - 3 - Surface Storage
 - 4 - Green and Ampt
 - 5 - Thornwaite Method
 - 6 - Algorithm

DRAINMOD به منظور بررسی استراتژی‌های مختلف مدیریت سطح ایستابی و مقایسه آن با ارقام واقعی در چندین منطقه امریکا بکار گرفته شده است. اسکگز و همکاران (۱۹۸۱) مقایسه‌ای بین نتایج برآورد شده بوسیله مدل و ارقام بدست آمده از آزمون‌های میدانی را طی یک دوره هشت ساله در شرایطی که: منطقه تنها دارای زهکشی سطحی بود، منطقه تنها دارای سیستم زهکشی زیرزمینی متداول بود و ترکیبی از تجهیز مزرعه به زهکش سطحی و زیرزمینی را انجام دادند. نتایج نشان داد که هماهنگی مطلوبی بین ارقام بدست آمده از مدل و آزمایش‌ها در مورد حجم روان‌آب، برای هر سه حالت فوق وجود دارد. همین نتیجه نیز برای برآورد حجم آب زهکشی (در شرایط وجود یا عدم وجود سیستم زهکشی سطحی) گزارش شده است. اسکگز (۱۹۸۲) این مدل را برای حالت‌های آبیاری زیرزمینی (عکس حالت زهکشی) و سیستم زهکشی کنترل شده بکار گرفت و بین ارقام حاصل از مدل و اعداد واقعی سطح ایستابی (با تناوب روزانه) همبستگی مطلوبی مشاهده کرد. چانگ و همکاران^(۱) (۱۹۸۳) این مدل را برای اراضی زراعی منطقه کالیفرنیا بکار گرفته و نتیجه رضایت‌بخشی در مورد نوسانات سطح ایستابی بین ارقام محاسبه و مشاهده شده گزارش نمودند؛ ضمن آنکه مقادیر تراوشات عمقی نیز بدرستی پیش‌بینی گردیده بود. فوس و همکاران^(۲) (۱۹۸۷) با استفاده از DRAINMOD اقدام به شبیه‌سازی زهکشی زیرزمینی منطقه می‌سی‌سی‌پی کردند. مقایسه ارقام واقعی و محاسبه شده از مدل نشان داد که برای متغیرهایی نظیر عمق آب زیرزمینی (و نه ارتفاع سطح ایستابی)، حجم روان‌آب‌ها و کمیت زه‌آب، همبستگی مناسب‌تری طی سال‌های مرطوب نسبت به سال‌های خشک دارند. در سال‌های خشک، به دلیل کمتر برآورد نمودن میزان تبخیر و تعرق، مقادیر روان‌آب سطحی و حجم آب زهکشی بیش از آنچه که باید، برآورد می‌گردد. اولسون و دی‌بور^(۳) (۱۹۸۸) نیز این مدل را برای شبیه‌سازی سیستم آبیاری زیرزمینی در داکوتای شمالی، ضمن ترکیب با روش تعدیل شده

1 - Chang et al.

2 - Fouss et al.

3 - Olson and De Boer

جنسن - هیز^(۱) برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل بکار برده و گزارش نمودند که عمق سطح ایستابی محاسبه شده حاصل از اعمال تعدیل در مدل (محاسبه ET_p با روش جنسن - هیز بجای محاسبه آن با روش تورن ویت) با ارقام مشاهده شده همبستگی خوبی را نشان می‌دهد.

۲-۲- مدل‌های مبتنی بر معادله بوزینسک^(۲)

با کاربرد فرضیه‌های دوپوئی - فورشهیمر^(۳)، حرکت آب در منطقه اشباع را می‌توان با استفاده از معادله بوزینسک به صورت زیر نوشت:

$$f \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K \cdot h \frac{\partial h}{\partial x} \right] + e \quad (۷)$$

که در آن: f تخلخل مؤثر، h بار هیدرولیکی (معادل فاصله سطح ایستابی تا یک سطح مرجع)، t زمان، K هدایت هیدرولیک، x فاصله روی محور افقی، و e میزان نفوذ یا هدرفت عمودی در اثر تبخیر و تعرق (ET) و یا تراوشات عمقی است. این رابطه را می‌توان هم برای مدل‌سازی آبیاری زیرزمینی و هم برای زهکشی زیرزمینی بکار برد (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۵^(۴)).

شرایط مرزی معادله را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$h = h_1, \quad x = 0, \quad t > 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} = 0, \quad x = L/2, \quad t \geq 0$$

$$h = d + \left(\frac{4m_0x}{L} \right) \left[1 - \left(\frac{x}{L} \right) \right], \quad 0 \leq x \leq L, \quad t = 0 \quad (۸)$$

که در آن: h_1 فاصله‌ای است که در آن سطح آب (در آبیاری زیرزمینی) بالاتر از لایه غیر قابل نفوذ باشد و یا بار هیدرولیکی در زهکش‌ها (آبیاری زیرزمینی) یا فاصله‌ای است (بین زهکش‌ها) که در آن سطح آب بالاتر از لایه غیر قابل نفوذ باشد

-
- 1 - Jensen - Haise
 - 2 - Boussinesq
 - 3 - Dupuit - Forscheimer
 - 4 - Smith et al.

(زهکشی زیرزمینی)، L فاصله زهکش‌ها، m_0 فاصله عمودی سطح ایستابی بالای زهکش‌ها یا فاصله کف نهرچه‌ها در حد وسط زهکش‌ها است.

برای نهرچه‌های زهکشی، d برابر با فاصله لایه غیر قابل نفوذ تا کف نهرچه‌ها منظور می‌گردد و برای زهکش‌های زیرزمینی، عمق معادل هوخهات یا d_e بجای d جایگزین می‌گردد تا بدینوسیله افت بار ناشی از همگرایی جریان‌ها به سمت زهکش‌ها در محاسبات گنجانده شود.

اسکگز (۱۹۷۳) دو روش «تفاضلهای محدود»^(۱) و «برآورد تقریبی»^(۲) را برای معادله بوزینسک به منظور تهیه مدل آبیاری زیرزمینی برای دو حالت: افقی بودن سطح ایستابی اولیه و در شرایط زهکشی (غیر افقی بودن سطح ایستابی) ارائه نمود. این روش‌ها برای شرایطی که تبخیر و تعرق وجود ندارد و یا تبخیر و تعرق ثابت است و متغیر بودن تبخیر و تعرق بکار گرفته شد. نتایج پیش‌بینی شده از مدل با ارقام مزرعه‌ای مورد مقایسه قرار گرفت که همبستگی مطلوبی را برای نوسانات عمق سطح ایستابی نشان داد.

اسکگز (۱۹۷۵) با استفاده از روش تفاضلهای محدود معادله بوزینسک را حل و برای مدل کردن و کاربرد در حالت زهکشی زیرزمینی ارائه نمود. وی همچنین این روش را برای شرایطی که در آن حالت‌هایی مانند عدم وجود تبخیر و تعرق و هدر رفت آب از راه تراوشات عمقی و حالتی که طی آن تبخیر و تعرق و تراوشات عمقی ثابت باشند توسعه داد. اسمیت و همکاران (۱۹۸۵) مدلی را مبتنی بر حل عددی معادله بوزینسک با این فرض که تمامی مقادیر بارندگی در نیمرخ خاک نفوذ نموده و بدینوسیله سطح ایستابی به سطح خاک می‌رسد، ارائه نمودند. سپس با فرض اینکه بارندگی با همان شدت و مقدار در نیمرخ خاک نفوذ می‌نماید که زهکش‌های زیرزمینی، قادرند همان مقدار آب را تخلیه نمایند و سرانجام مقادیر بارندگی افزون بر آن، مقدماً بازداشت سطحی گردیده و پس از آن روان‌آب به وقوع می‌پیوندد را نیز در مدل منظور نمودند در حالی که مقدار تبخیر و تعرق (ET) روزانه با توزیع سینوسی فرض گردیده بود.

1 - Finite Difference

2 - Approximate Solution

فوس و راجرز^(۱) (۱۹۹۲) قابلیت‌های مدل اخیر را بررسی کرده و نتایج حاصله از کاربرد DRAINMOD را به منظور شبیه‌سازی عکس‌العمل دینامیک (پویای) سطح ایستابی و برای حالت‌های آبیاری زیرزمینی و سیستم زهکشی کنترل شده که در آن کمیت آب خروجی زهکش‌ها طی دوره زراعت مورد کنترل بوده است را مورد مقایسه قرار دادند. آنها مدل بوزینسک را با منظور نمودن روش گرین و آمپت جهت تعیین میزان نفوذپذیری تعدیل نموده و برنامه فرعی دیگری که قابلیت پیش‌بینی میزان نسبی عملکرد محصول (شبیه آنچه در مدل DRAINMOD وجود دارد) را نیز داشته باشد به آن اضافه نمودند. بررسی‌ها نشان داد که حجم آب مورد نیاز در روش آبیاری زیرزمینی که بدینوسیله برآورد می‌گردد، حدوداً دو برابر مقدار محاسبه شده است. دلیل این اختلاف فاحش، حجم قابل توجه آب مورد نیاز جهت خیز سطح ایستابی از حالت برگشت شرایط زهکشی، به حالت آبیاری زیرزمینی است. حجم زه‌آب (زهکش‌های زیرزمینی) برآورد شده از مدل بوزینسک به مراتب بیشتر از مدل قبلی می‌باشد.

در بررسی‌های فوق، معادله بوزینسک در شرایطی بکار گرفته شده که در آن عمق معادل هوخهات برای اصلاح اثرات افت بار همگرایی جریان در نزدیکی زهکش‌ها منظور شده است. تذکر این نکته ضروری است که روش عمق معادل هوخهات قادر به منظور نمودن افت بار در اثر همگرایی جریان‌ات در بخش فوقانی زهکش‌ها نمی‌باشد. اثر فرآیند فوق زمانی که روش آبیاری زیرزمینی بکار گرفته شود و یا زهکش‌ها در نزدیکی لایه غیرقابل نفوذ نصب شده باشند، اهمیت بیشتری می‌یابد. در نتیجه می‌توان گفت که نیمرخ سطح ایستابی مشاهده شده در این حالت به مراتب مسطح‌تر از آن است که با استفاده از عمق معادل هوخهات برآورد می‌گردد. اسکگز (۱۹۹۱) با در نظر گرفتن جریان‌های شعاعی در نزدیکی زهکش‌ها به جای عمق معادل هوخهات رابطه زیر را برای این حالت پیشنهاد کرد:

$$Q_{1/2} = \pi K (H_s - H_t) / \ln[(H_s - d) / r_o] \quad (9)$$

که در آن: $Q_{1/2}$ میزان جریان از طرف و یا به طرف یک نیمه زهکش، K هدایت هیدرولیک خاک، d فاصله زهکش‌ها تا لایه غیر قابل نفوذ، H_s ارتفاع سطح ایستابی دقیقاً در بالای زهکش‌ها، H_f بار هیدرولیکی در روش آبیاری زیرزمینی یا d برای حالت زهکشی زیرزمینی، و r_0 شعاع مؤثر زهکش است. بر مبنای فرضیه جریان‌های شعاعی، شرایط مرزی زیر می‌تواند برای حل معادله بوزینسک بکار گرفته شود:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \pi (H_s - H_f) / \{ \ln[(h-d)/r_0] h \}, \quad x=0, \quad t>0 \quad (10)$$

شرایط مرزی فوق، " $h=h_1$ " را هر گاه $x=0$ و " $t>0$ " باشد به جای شرایط مرزی مندرج در رابطه (۸) جایگزین می‌کند. اسکگز (۱۹۹۱) نتایج حاصل از کاربرد مفاهیم "جریان شعاعی" و "عمق معادل" را مقایسه و نتیجه گرفت که استفاده از روش "جریان شعاعی" سطح ایستابی مسطح‌تری را در مقایسه با "عمق معادل" پیش‌بینی می‌کند. چس‌چیر و همکاران (۱۹۹۲)^(۱) نیز با استفاده از مفهوم "جریان شعاعی" و گنجاندن آن در DRAINMOD کاستی موجود را مرتفع و نتایج مطلوبی گزارش کردند.

۲-۳- مدل‌های مبتنی بر معادله ریچاردز^(۲)

دقیق‌ترین روش مدل کردن جریان آب در خاک، استفاده از معادله ریچاردز است (تانگ^(۳) و اسکگز، ۱۹۷۷). شکل دو بعدی این معادله عبارت است از:

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(h) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \frac{\partial h}{\partial z} \right] + \frac{\partial K(h)}{\partial z} \quad (11)$$

که در آن: $C=d\theta/dh$ ، θ رطوبت حجمی خاک، h بار فشار آب در خاک، K هدایت هیدرولیک خاک، x و z به ترتیب مختصات محل استقرار در محورهای افقی و عمودی می‌باشند.

-
- 1- Cheschair et al.
 - 2- Richards
 - 3- Tang

با استفاده از روش "تفاضل‌های محدود" تانگ و اسکگز (۱۹۷۷) راهکاری جهت حل معادله فوق به منظور تأمین شرایط مرزی جهت حالات زهکشی زیرزمینی و آبیاری زیرزمینی پیشنهاد کردند. نتایج حاصل از کاربرد این راه کار با آنچه که از یک آزمون آزمایشگاهی حاصل گردیده بود، مورد مقایسه قرار گرفت و هماهنگی بسیار مطلوبی با ارقام مشاهده شده بدست آمد. بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که نتایج برآورد شده در حل معادله بوزینسک با آنچه از حل معادله ریچاردز در مورد عمق سطح ایستابی بدست می‌آید، همبستگی مطلوبی دارد. اهمیت این موضوع به آن دلیل است که پارامترهای ورودی مورد نیاز برای حل معادله ریچاردز به مراتب بیشتر از معادله بوزینسک است.

براندیک و وسلینگ (۱۹۸۷)^(۱) مدل SWATRE را برای شبیه‌سازی جریان‌های غیر اشباع در زمینه آبیاری زیرزمینی که مجهز به سیستم نهرچه‌های باز باشد، مورد استفاده قرار دادند. این مدل که بوسیله بل‌مانز و همکاران^(۲) (۱۹۸۳) معرفی گردید، در واقع جریان آب خاک را با استفاده از روش حل عددی معادله ریچاردز و در حالت یک بعدی مدل می‌کند که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{C(h)} \frac{\partial}{\partial z} [K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right)] - \frac{S(h)}{C(h)} \quad (12)$$

که در آن: S برداشت آب بوسیله ریشه گیاه است و سایر علائم قبلاً تعریف شده‌اند.

نامبردگان، آبیاری زیرزمینی را با قرار دادن عمق سطح ایستابی در مدل مورد بحث و معین نمودن حد مرزی زیرین مدل نموده و نتیجه گرفتند که بین مقادیر مشاهده و برآورد شده، همبستگی خوبی در ارتباط با مکش آب خاک در اعماق مختلف وجود داشته است.

ورکمن^(۳) و اسکگز (۱۹۸۹) مدل SWATREN را به نحوی تعدیل نمودند که با استفاده از آن بتوان خیز سطح ایستابی را مدل کرد. آخرین شکل تعدیل شده، مدل مورد بحث به منظور شبیه‌سازی آبیاری زیرزمینی مزرعه‌ای که دارای زهکش‌های

1- Brandyk and Wesseling

2- Belmans et al.

3- Workman

زیرزمینی با فواصل مختلف ۱۵، ۷/۵ و ۳۰ متر بود، بکار گرفته شد و نتایج حاصل از کاربرد آن با ارقام مشاهده شده و آنچه از DRAINMOD حاصل گردیده، بود مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج، نمایانگر آن بود که در خصوص اعماق سطح ایستابی برآورد و مشاهده شده با استفاده از مدل اخیر همبستگی مطلوبی را نمایان می‌سازد و حتی نتایج حاصله قابل مقایسه با ارقام پیش‌بینی شده از کاربرد DRAINMOD نیز می‌باشد.

یکی دیگر از مدل‌های زهکشی LINKFLOW است (هاوارد و همکاران^(۱)، ۱۹۹۵). این مدل، سه بعدی است و قابلیت شبیه سازی حرکت آب خاک را در توپوگرافی‌های متغیر داراست. در این مدل حرکت عمودی آب در ناحیه غیر اشباع با استفاده از معادله یک بعدی ریچاردز بصورت عددی حل می‌شود. حرکت آب در ناحیه اشباع نیز با بکارگیری معادله سه بعدی جریان آب زیر زمینی حل می‌گردد که خود نیز از مدل MODFLOW بدست می‌آید. MODFLOW قابلیت مدل کردن خیز سطح ایستابی را در نیمرخ خاک داراست. هر دو مدل بیان شده (مدل یک بعدی ریچاردز و MODFLOW) قابل ربط به مدل LINKFLOW میباشند.

۲-۴- سایر مدل‌ها

بنگسان و همکاران^(۲) (۱۹۹۳) مدلی برای برآورد نوسانات سطح ایستابی بنام FWTMOD ارائه کردند. این مدل مبتنی بر معادله نوسانات سطح ایستابی (WT) که بوسیله زیو و هلینگا^(۳) (۱۹۶۰) پیشنهاد گردیده بود، می‌باشد:

$$h_t = h_{t-1} e^{-\alpha \Delta t} + \frac{R \Delta t}{0.8 \mu \alpha} (1 - e^{-\alpha \Delta t}) \quad (13)$$

که در آن: h_t ارتفاع سطح ایستابی بین دو زهکش در حد وسط استقرار دو خط زهکش، h_{t-1} ارتفاع سطح ایستابی در گام زمانی قبلی، α ضریب بازتاب سطح ایستابی، Δt گام زمانی، $R \Delta t$ پتانسیل خالص تغذیه آب خاک در گام زمانی Δt ، و μ تخلخل قابل زهکشی نیمرخ خاک است.

-
- 1- Havard et al.
 - 2- Bengtson et al.
 - 3- Zeeuw and Hellinga

به منظور اعمال اثرات میزان بارندگی که در نیمرخ خاک نفوذ می‌نماید، هم چنین تأثیر شرایط پیشین رطوبت آب خاک، دو ضریب، یعنی C_r (ضریب تغذیه) و C_f (ضریب اصلاحی) در معادله و مدل فوق گنجانده شده است. مقادیر α و C_r را برای هر ماه از سال با استفاده از ارقام حاصل از منطقه مورد مطالعه بایستی واسنجی نمود و در مدل بکار برد. مقدار α از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\alpha = \frac{10Kd_e}{\mu.L^2} \quad (14)$$

بدین ترتیب "شدت تخلیه" را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$q = 0.8 \mu \alpha h \quad (15)$$

بنگ سان و همکاران (۱۹۹۳) هر دو مدل FWTMOD و DRAINMOD را برای استفاده از سیستم زهکشی زیرزمینی مرسوم بکار گرفته و دریافتند که برای یک دوره هفت ساله FWTMOD توانایی پیش‌بینی یا محاسبه نوسانات روزانه عمق سطح ایستابی را با همان دقت DRAINMOD دارا است.

۳- نتیجه گیری

گزینش هر مدل به نوع مشکل موجود و فراهم بودن ورودی‌های آن بستگی دارد. مثلاً فراهم بودن شرایط مرزی مورد نیاز، راهنمای مفیدی برای انتخاب نوع مدل یک، دو و یا سه بعدی است. هرگاه سطح ایستابی کم عمق باشد، مدل‌های نسبتاً ساده برای حل معادله جریان در بخش غیراشباع خاک کافی است. در غیر این صورت، انتخاب و کاربرد مدل‌های پیچیده‌تر الزامی است. عوامل دیگری که در گزینش نوع مدل اهمیت دارند شامل نوع، تراکم و تنوع اطلاعات مورد نیاز، سوابق علمی و عملی کاربران و هزینه‌های مربوطه می‌باشد. شبیه‌سازها می‌توانند اثر عوامل متعدد و متنوعی را بر روی عملکرد سیستم مدیریت آب بررسی کنند. هر چه پارامترهای ورودی مورد نیاز در یک مدل بیشتر باشند، کاربرد مدل‌های پیچیده‌تر نیز ضروری‌تر می‌شود. زیرا تنها چنین مدل‌هایی قادر به تجزیه و تحلیل اثر پارامترهای بیشتری هستند. در این صورت خطای ناشی از محاسبه و برآورد مدل به طوری چشمگیر کاهش می‌یابد.

شکل ۱- راهنمای محاسبه عمق معادل هوخهات برای کاربرد در معادلات زهکشی

شکل ۲- راهنمای کاربرد معادلات همگام تعیین فاصله زهکش‌های زیرزمینی بر مبنای وضعیت نیمرخ خاک و موقعیت لایه غیرقابل نفوذ

شکل ۳- شرح علائم و حالات بکار رفته در DRAINMOD

شکل ۴- نشانه‌های بکار رفته در DRAINMOD در حالات استغراق سطحی و افت سطح ایستایی

شکل ۵- موقعیت سطح ایستایی در حالات زهکشی و آبیاری زیرزمینی

منابع

1. Belmans, C., J.G. Wesseling and R.A. Feddes. 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. J. Hydrology 63 (3/4): 271 – 286.
2. Bengeston, R.L., R.S. Grazon and J.L. Fouss. 1993. A fluctuating watertable model for the management of a controlled – drainage/subirrigation system. Transactions of the ASAE 36 (2): 437 – 443.
3. Brandyk, T. and J.G. Wesseling. 1987. Soil moisture flow in drainage –subirrigation system. J. Irr. Drain. Eng. 113 (1): 86 – 96.
4. Brown. L.C. (Editor). 1998. Drainage in the 21st century: food production and the environment, proceeding of the seventh international drainage symposium, 8 – 10 March 1998. Orlanda, Florida, ASAE. 738 pp.
5. Chang, A.C., R.W. Skaggs, L.F. Hermsmeier and W.R. Johnston. 1983. Evaluation of a water management model for irrigated agriculture. Transactions of the ASAE 26 (2): 412 – 418.
6. Chescheir, G.M., C. Murugaboopathi, R.W. Skaggs, R.H. Susanto and R.O. Evans. 1992. Modeling water table control systems with high head losses near the drain. pp. 38 – 45, In: Drainage and water table control – proceedings of sixth international drainage symposium. 13 – 15 December 1992. Nashville, TN. 501 pp.
7. De Zeeuw. J.W. and F. Hellinga. 1960. Neersl: gen Afover landbouwkunding Tijdschrift 70: 405 – 421 (as cited by Bengston et., 1993).
8. Editorail Committee. 1997. Drainage for the 21st century. Vols 1 – 3, proceeding of the 7th ICID international drainage workshop, 17 – 21 November. 1997, Penang. Malaysia. 1309 pp.

9. Fouss, J. L., R.L. Bengetson and C.E. Carter. 1987. Simulating subsurface drainage in the lower Mississippi Valley with DRAINMOD. Transactions of the ASAE 30 (6): 1679 – 1688.
10. Fouss, J.L. and J.S. Rogers. 1992. Drain outlet water level control: a simulation model. pp. 46 – 61, In: Drainage and water table control – proceedings of the sixth international drainage symposium. December 13 – 15, 1992. Nashville, TN. 501 pp.
11. Hanks, R.J and J.T. Ritchie (Editors). 1991. Modeling plant and soil systems, Agron, Monogr. 31. ASA. CSSA and SSSA. Madison. 545 pp.
12. Havard, P.L., S.O. Prasher, R.B. Bonnell and A. Madani. 1995. LINKFLOW, a water flow computer model for water table management: Part I. Model development. Transactions of the ASAE 38 (2): 481 – 488.
13. Olson, D.I. and D.W. De Boer. 1988. Field evaluation of DRAINMOD in South Dakota. ASAE Paper 88 – 2571. ASAE, St. Joseph, MI.
14. Ritzema. H.P. (Editor – in – chief). 1994. Drainage principals and applications, ILRI. No. 16, 2nd Edition, Wageningen, the Netherlands. 1125 pp.
15. Skaggs, R.W. 1973. Water table movement during subirrigation. Transactions of the ASAE, 116 (5): 988 – 993.
16. Skaggs, R.W. 1975. Drawdown solutions for simultaneous drainage and ET.. journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 101 (IR4): 279 – 291.
17. Skaggs, R.W. 1981. DRAIMOD Refrence Report. Methods for design and evaluation of drainage – water management systems for soils with high water tables. Report prepared for the Soil Conservation Servise. Forth Worth, Texas: South National Technical Center, USDA – SCS.
18. Skaggs, R.W., N.R. Fausey, and B.H. Nolte. 1981. Water management model evaluation for North Central Ohio. Transactions of the ASAE 24 (4): 922 – 928.

19. Skaggs, R.W. 1982. Field evaluation of a water management simulation model. Transactions of the ASAE 25 (3): 666 – 674.
20. Skaggs, R.W. 1991. Modeling water table response to subirrigation and drainage. Transactions of the ASAE, 34 (1): 169 – 175.
21. Skaggs, R.W. and J.van. Schilfgaard (Editors). 1999. Agricultural drainage. Agron. Monogr. 38. ASA. CSSA and SSSA. Madison. 1328 pp.
22. Smith, M.C., R.W. Skaggs and J.E. Parsons. 1985. Subirrigation system control for water use efficiency. Transactions of the ASAE 28 (2): 489 – 496.
23. Tangs, Y.K. and R.W. Skaggs. 1977. Experimental evaluation of theoretical solution for subsurface drainage and irrigation. Water Resources Research 13 (6): 957 – 965.
24. Van Lier. H.N. (Editor). 1999. Land and water engineering. Vol.1, in CIGR Handbook of agricultural engineering, A five – volume series, ASAE, 570 pp.
25. Workman, S.R. and R.W. Skaggs. 1989. Comparison of two drainage simulation models using field data. Transactions of the ASAE 32 (6): 1933 – 1938.

ارزیابی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان^(۱)

احمد لطفی^(۲)

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

دشت بهبهان یکی از چهار زیر پروژه‌های است که در قالب همکاری‌های فنی و اعتباری بانک جهانی با دولت جمهوری اسلامی ایران برای بهسازی شبکه‌های آبیاری از سال ۱۳۷۳ آغاز شده و هم اکنون مراحل پایانی خود را می‌گذراند. بخشی از برنامه‌های این پروژه اجرای عملیات تجهیز و نوسازی و نیز زهکشی زیرزمینی در اراضی زیر پوشش شبکه آبیاری دشت بوده است.

شبکه آبیاری دشت بهبهان شامل سد انحرافی و کانال‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی، پیشاپیش و طی سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۹ از محل اعتبارات عمرانی ملی اجرا شده و در زمان آغاز پروژه مورد بحث این مقاله، در حال بهره‌برداری بود.

پروژه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان برای کنترل سطح آب زیرزمینی و اصلاح حدود ۳۴۰۰ هکتار از زمین‌های زراعی در بخش‌های پست مرکزی دشت که به مسایل زه‌آب و نیز شوری مبتلا بود، پیش‌بینی شده بود. منشاء زه‌آب زیرزمینی در این اراضی به طور عمده جریان‌های نفوذی آبیاری در اراضی زراعی بالا دست و نشن آن‌ها به بخش‌های زیر دست بوده است. جریان‌های زیرزمینی از مناطق حاشیه‌ای مجاور دشت و نشن از کانال‌های آبیاری به عنوان دیگر منابع تغذیه و در مقابل، تراوشات ثقلی به شبکه زهکش‌های روباز به عنوان یکی از منابع تخلیه زه‌آبهای زیرزمینی در تبادلات هیدروژئولوژی اثرگذار هستند.

۱- ارائه شده در «دومین کارگاه فنی زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران - ۱۳۸۰

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کارشناس مهندسی مشاور پندام

۱-۲- مشخصات فیزیکی طرح زهکشی دشت بهبهان

شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان مشتمل بر مجموعه‌ای از خطوط زهکشی زیرزمینی مزرعه و نیز جمع‌کننده‌های زیرزمینی است که در انتها به شبکه جمع‌کننده‌های روباز (زهکش‌های درجه ۲) تخلیه شده و از آن طریق به زهکش‌های اصلی و نهایتاً به رودخانه مارون منتقل می‌شود. مساحت زیر پوشش شبکه ۲۵۰۰ هکتار است که نسبت به مساحت پیش‌بینی و طراحی شده، حدود ۹۰۰ هکتار کاسته شده است. در واقع در حین اجرای برنامه، مشاهدات و شواهد نشان داد که قابلیت‌های طبیعی برای کنترل آب زیرزمینی در این اراضی کافی است و بدین جهت اجرای زهکش‌ها در این زمین‌ها از برنامه حذف شد. در چند مورد نیز در مزارع واقع در اراضی مرتفع‌تر، اجرای زهکش‌های مزرعه از برنامه حذف ولی زهکش‌های جمع‌کننده زیرزمینی به صورت دو منظوره و به گونه‌ای اجرا شدند که هم به توانند به صورت حائل، زه‌آبهای زیرزمینی بالادست را جذب و تخلیه کنند و هم درآینده و در صورتی که به شبکه زهکشی مزرعه نیز نیاز باشد، بتوانند به عنوان جمع‌کننده مورد استفاده قرار گیرند.

مشخصات شبکه زهکشی زیرزمینی اجرا شده به شرح زیر خلاصه می‌شود:

- مساحت کل ناخالص مزارع زهکشی شده ۲۴۵۲ هکتار
- طول خطوط زهکش زیرزمینی مزرعه ۱۳۵۳۰۰ متر
- طول خطوط زهکش جمع‌کننده زیرزمینی ۲۸۹۶۰ متر
- فواصل خطوط زهکش مزرعه بطور عمده ۱۲۵ متر
- عمق نصب زهکش‌های مزرعه بطور غالب ۲ متر
- قطر لوله‌های زهکش مزرعه ۱۰-۱۶ سانتیمتر
- نوع لوله‌های زهکش مزرعه پی‌وی‌سی کنگره‌دار
- نوع لوله‌های زهکش جمع‌کننده بتونی ساده
- قطر داخلی لوله‌های بتونی جمع‌کننده ۳۰-۴۰ سانتیمتر
- نوع صافی (فیلتر) پیرامون لوله‌های زهکش شن و ماسه دانه‌بندی شده
- ضخامت صافی (فیلتر) ۱۰ سانتیمتر

- عرض ترانشه زهکش مزرعه ۳۵ سانتیمتر
- ماشین‌آلات اجرای زهکش‌ها ترنچر و بیل مکانیکی
- هزینه اجرای طرح (با تعدیل‌های مربوطه) ۷,۶۹۰ میلیون ریال
- دوره اجرا ۱۳۷۶ / ۳ - ۱۳۷۹ / ۱

۱-۳- مشخصات طراحی شبکه زهکشی

معیارهای طراحی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان به قرار زیر بوده است:
هدایت هیدرولیک: هدایت هیدرولیک بافت‌های مختلف خاک که مبنای برآورد هدایت هیدرولیک نیمرخ خاک بوده است به شرح جدول زیر است:

بافت خاک	هدایت هیدرولیک (متر بر روز)
Lfs, fs, SL	2
L, SiL, fSL	1.5
CL, SiCL	1.2
SiC	0.8
C	0.4

پتانسیل زهکشی طبیعی: در مرحله مطالعات و طراحی شبکه، ظرفیت زهکشی طبیعی منطقه زهدار به میزان ۱/۵ میلی‌متر در روز برآورد و در محاسبات وارد شده است. **عمق لایه محدودکننده:** در بیشتر موارد برای محاسبه فواصل زهکش‌ها، عمق لایه محدودکننده بین ۶ تا ۱۰ متر در نظر گرفته شده است.

شدت زهکشی: شدت تغذیه سفره آب زیرزمینی برای زراعت‌های یونجه و ذرت و برای دوره دو ماهه اوج مصرف برابر حدود ۴ میلیمتر در روز برآورد شده که پس از کسر ظرفیت زهکشی طبیعی به میزان ۱/۵ میلیمتر در روز، شدت زهکشی طرح برابر

۲/۵ میلیمتر در روز مبنای محاسبات قرار گرفته است.

عمق کنترل سطح آب زیرزمینی: عمق کنترل آب سطح زیرزمینی برای استفاده در فرمول‌های زهکشی در شرایط ماندگار، برابر ۱ متر در نظر گرفته شده است.

عمق نصب زهکش‌ها: عمق نصب زهکش‌ها در ۲ متری از سطح زمین انتخاب و اجرا شد.

فواصل زهکش‌ها: فواصل زهکش‌ها در دشت بهبهان در سه گروه ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۵ متری انتخاب و اجرا شده است. بیشتر زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۱۲۵ متر اجرا شده است.

شیب زهکش‌ها: حد اقل شیب زهکش‌ها برابر یک در هزار انتخاب شده است. حد بالایی شیب تا حدود ۵ در هزار نیز بکار گرفته شده است که نظیر سرعتی معادل حدود ۰/۶ متر بر ثانیه جریان آب در لوله است.

طول زهکش‌ها: طول خطوط زهکشی بطور معمول بیش از ۲۵۰ و حداکثر آن تا حدود ۱۱۰۰ متر نیز بوده است.

۲- عملکرد سیستم زهکشی

مشاهدات و اندازه‌گیری‌هایی که در حین اجرا و نیز پس از اجرای شبکه زهکشی از عملکرد شبکه صورت گرفته است، در زیر مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲-۱- عملکرد عمومی

عملکرد عمومی شبکه زهکشی زیرزمینی بر مبنای دو عامل زیر ارزیابی می‌شود: (الف)- بر طرف شدن مسائل زه آب و شوری زمین‌ها و به بهره‌برداری رسیدن آن‌ها و (ب) اظهار نظر کشاورزان و واکنش آن‌ها نسبت به احداث شبکه زهکشی. بر این دو مبنا اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان رضایت‌بخش بوده و علاوه بر آنکه مسایل موجود در زمین‌های زهدار برطرف شده است، کشاورزان نسبت به تأثیر زهکش‌ها در اصلاح زمین‌ها ابراز خشنودی می‌کنند. طبیعتاً این واکنش کشاورزان در مناطقی که زمین‌های غیر قابل کشت و رها شده، اصلاح و قابل کشت شده‌اند، بیشتر و ملموس‌تر است. در دیگر زمین‌ها که عوارض زه آب نسبی بوده و زمین‌ها حتی قبل از اجرای سیستم زهکشی نیز بهره‌برداری میشدند، بعلت نبود نظام سنجش و مقایسه، کشاورزان واکنش صریح و روشنی نشان نمی‌دهند. نکته دیگری که در ارزیابی عمومی اجرای شبکه باید مورد توجه قرار گیرد، عدم تعهد کشاورزان

به پرداخت هزینه‌های اجرائی بوده است. در واقع شبکه زهکشی برای کشاورزان به صورت مجانی احداث شده است.

۲-۲- مشاهدات موردی در کارکرد سیستم زهکشی

مزرعه شماره ۴۵ شمال دشت، به فاصله حدود ۵۰۰ متری از یک زهکش رویاز عمیق (عمق حدود ۲/۵ متر از سطح زمین) قرار گرفته است. در این مزرعه زهکش‌های زیرزمینی با فواصل ۱۲۵ متر احداث شده و در زمان بررسی، در آن ذرت کشت شده بود. این زراعت در فصل تابستان با تواتر حدود ۶-۵ روز یکبار آبیاری شده و نفوذ آب به سفره به میزان حدود ۲۰۰-۱۵۰ متر مکعب در هکتار بوده است. بخشی از زمین‌های بالادست این مزرعه در سال‌های عادی برای کشت برنج استفاده می‌شود ولی در زمان بررسی (تابستان ۱۳۷۹) به علت کمبود آب، برای برنج‌کاری مجوز صادر نشد و بجای آن ذرت، اما در سطح گسترده‌تر کشت شد. در مشاهدات انجام شده، سطح آب زیرزمینی در وسط فاصله بین زهکش‌ها، عموماً در اعماق بین ۱/۱ تا ۱/۸ متر تغییر می‌کرد (مقایسه شود با تغییرات بین عمق ۰/۵ تا ۱/۰ متر که در طراحی پیش‌بینی شده است). میزان نفوذ عمقی آب زیرزمینی کمتر از مقادیر پیش‌بینی شده (حدود ۲۵۰-۳۰۰ متر مکعب در هکتار) بود، که ناشی از نامناسب بودن شخم، سنگینی خاک و عدم مراقبت‌های کافی در مدیریت آب در مزرعه بود. به این صورت که کشاورزان به طور سنتی گرایش به آبیاری با جریان زیاد دارند و در این شرایط، به علت زیاد بودن دبی در فارو و کم بودن زمان آبیاری، بیشتر آب آبیاری به صورت جریان سطحی از مزرعه خارج شده و آب فرصت کافی برای نفوذ در اعماق خاک پیدا نمی‌کند.

شرایط مدیریت آب در مزرعه در اراضی زیر پوشش شبکه آبیاری دشت بهبهان هنوز شکل مطلوب و نهائی را پیدا نکرده و تراکم مصرف آب در کل منطقه نیز به حدود توسعه نهائی نرسیده است. علاوه بر آن دو سال گذشته نسبتاً کم باران بوده و در فصل تابستان گذشته نیز برنج‌کاری از برنامه کشت منطقه حذف شده بود. این عوامل باعث می‌شوند که شدت تغذیه سفره آب زیرزمینی کمتر از شرایط مفروض برای توسعه نهائی منطقه باشد. در عین حال براساس مشاهدات و بر این اساس که

سطح آب زیرزمینی مزارع زهکشی شده در اعماق پائین‌تر از مقادیر طراحی شده قرار می‌گیرد و نیز با مشاهده روند تغییرات جریان در خروجی زهکش‌ها، این استنباط کلی بدست آمده است که باوجود اینکه میانگین تراکم خطوط زهکشی (مجموع خطوط جمع‌کننده‌ها و زهکش‌های مزرعه) در حدود ۹۰ متر در هکتار است، احتمالاً باز هم همین تراکم بیش از نیاز واقعی مزارع است. در توضیح علل اصلی ایجاد این شرایط احتمالاً می‌توان به عوامل زیر اشاره کرد:

- حذف برنج‌کاری‌ها از برنامه کاشت منطقه در زمان مشاهده و کاهش شدید جریان‌های نفوذی از مزارع مجاور؛

- عدم شناسائی درست و ارزیابی واقعی از پتانسیل زهکشی طبیعی منطقه؛

- تغذیه ناشی از نفوذ آب آبیاری بیشتر از واقعیت‌های عینی در محاسبات وارد شده باشد؛

- استفاده از دوره اوج (پیک) مصرف آب برای محاسبه ضریب زهکشی برآوردهای بیش از اندازه بدست داده باشد،

- عمق لایه غیر قابل نفوذ به درستی تشخیص داده نشده باشد.

۲-۳- مشاهدات موردی در زمینه روند تخلیه سفره آب زیرزمینی بوسیله سیستم

زهکشی

پس از اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی، تخلیه آب موجود در ضخامت آبرفت واقع در بالای شبکه زهکشی به زمان نیاز دارد. این زمان بر حسب شرایط خاک و به ویژه قابلیت انتقال آن می‌تواند متفاوت باشد. اگر محدوده عمل زهکش تحت تأثیر تغذیه از آبرفت‌های مجاور و یا سفره‌های عمیق‌تر باشد، زمان تخلیه ذخیره آب سفره نیز طولانی‌تر می‌شود. در بیشتر موارد تخلیه آب سفره آبرفتی در فاصله کمتر از حدود سه ماه صورت می‌گرفت. در یک مورد (مزرعه ۵۳ شمال) این زمان نزدیک به ۹ ماه به طول انجامید. در یک مورد دیگر (مزرعه ۲۶ جنوب) سیستم زهکشی، جریانی بیشتر از تغذیه ناشی از نفوذ آب آبیاری را تخلیه می‌کند. مشاهدات نشان می‌دهد که منشاء این آب یک سفره نیمه تحت فشار است که تا نزدیک سطح زمین را تحت تأثیر قرار داده است. به علت فواصل نسبتاً زیاد بین نقاط مشاهده‌ای، محدود بودن عمق

مشاهدات پیزومتری و دیگر مسایل، این سفره نیمه تحت فشار در زمان مطالعات شناسائی نشده بود. جریان تخلیه این سیستم زهکشی (که مساحتی حدود ۷۰ هکتار را زیر پوشش دارد) از زمان اجرا در سال ۱۳۷۶ تقریباً به صورت ثابت بین ۲۰ تا ۲۶ لیتر بر ثانیه است. هدایت الکتریکی آب در حدود ۱۸۰۰ دسی زیمنس بر متر و برای مصارف کشاورزی قابل استفاده است. سیستم زهکشی سطح آب زیرزمینی را در عمق حدود یک متر کنترل می‌کند؛ ولی از آنجا که شدت جریان در شبکه زهکشی زیرزمینی این مزرعه بیش از مقادیر پیش‌بینی شده است؛ سطح آب در محل تخلیه به منهول‌ها حدود ۱۵-۲۰ سانتیمتر حالت استغراق را نشان می‌دهد. به علت شیب نسبتاً تند زهکش‌های مزرعه، این استغراق فقط حدود ۵۰ متر انتهائی از خطوط زهکش‌های ۶۰۰ متری را و به میزان غیر قابل ملاحظه تحت تأثیر قرار می‌دهد. جالب است که آثار تراوش این سفره نیمه تحت فشار در هیچ یک از مزارع مجاور مزرعه ۲۶ جنوب دیده نمی‌شود.

۲-۴- عملکرد لوله‌های پلاستیکی

در اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی، از لوله‌های پی وی سی استفاده شده است. در مشخصات این لوله‌ها رعایت استانداردهای کیفی معتبر (عموماً DIN آلمان) برای پیمانکار پیش‌بینی شده بود و در حین اجرا نیز کنترل‌های لازم بر اساس خصوصیات ظاهری لوله‌ها صورت می‌گرفت. در زمان اجرا لوله‌ها در انبارهای سرپوشیده نگهداری می‌شدند. اما در دو مورد از چند مورد مشاهدات و کاوش‌های انجام شده، کاستی‌هایی در کیفیت لوله‌های نصب شده مشاهده شد که نشان دهنده عدم کفایت رعایت استانداردها در کارخانه سازنده لوله و یا عدم کفایت مراقبت‌ها در نگهداری آنها در شرایط گرم و خشک و تابش خورشید در منطقه کار بوده است. در این دو مورد، لوله‌ها حالتی خشک‌تر و شکننده‌تر از آنچه که انتظار می‌رفت داشتند. این کاستی تا زمانی که لوله‌ها نیاز به شستشو پیدا نکنند، مسئله خاصی را به وجود نمی‌آورد، ولی اگر شستشو با جت فلاشر صورت گیرد، احتمال پاره شدن و گسستگی در اینگونه لوله‌ها می‌تواند وجود داشته باشد.

۲-۵- عملکرد فیلتر

فیلترهای شنی در پیرامون لوله‌های زهکشی با ضخامتی حدود ۱۰ سانتیمتر اجرا شدند. دانه‌بندی آن‌ها نیز منطبق با مشخصات SCS صورت گرفت. علیرغم شیب نسبتاً تند استقرار لوله‌ها و سرعت جریان، در تمامی خطوط اجرا شده و بدون هیچ استثنائی، جریان زه‌آب کاملاً صاف و بدون لای است. در چندین مورد که به فاصله حدود ۱ سال پس از نصب، خطوط زهکشی برای کنترل عملکرد شکافته شده و کنترل شدند، بطور کلی لوله‌ها تمیز بودند؛ ولی در بخش‌های بالادست خطوط زهکش (که جریان‌های ورودی به لوله کم و طبیعتاً سرعت نیز پائین است) لای به ضخامت حدود ۵ میلیمتر در کف زهکش مشاهده می‌شد. تمیز بودن درون لوله می‌تواند به معنی خوب عمل کردن قشر فیلتر باشد، اما شیب نسبتاً تند و سرعت قابل ملاحظه جریان در خطوط زهکش نیز در انتقال و تخلیه ذرات خاک وارد شده به لوله کاملاً مؤثر بوده است. در هر حال مشاهدات این استنباط را بوجود می‌آورد که اساساً جابجائی خاک در اثر جریان‌های زیرزمینی زیاد نبوده است. در چنین شرایطی احتمالاً احداث لوله‌های زهکشی بدون اجرای فیلتر نیز می‌تواند عملکرد قابل قبولی به همراه داشته باشد. قابل ذکر است که در طرح بهبهان، زهکش‌های مزرعه در جهت شیب تند زمین قرار داده شدند و شیب اجرا شده خطوط، عموماً در حدود ۵ در هزار بوده است که متضمن سرعت جریان قابل ملاحظه‌ای در درون لوله‌ها است. در چنین سرعتی ذرات سیلت و ماسه ریز قابلیت کمتری برای ته‌نشست شدن خواهند داشت. وجود فیلتر شنی و شیب نسبتاً تند خطوط زهکشی زیرزمینی، اطمینان کافی را برای عدم ایجاد شرایط رسوب‌گذاری فراهم آورده است.

۲-۶- عملکرد فیلتر زیر لوله‌های جمع‌کننده

در طرح بهبهان خطوط لوله‌های جمع‌کننده نیز به صورت جذب‌کننده اجرا شده‌اند. به این معنی که در بستر و در حدود ۱۰ سانتیمتر از کف لوله‌های بتونی، به جای مصالح مخلوط، فیلتر شنی استفاده شده و قطاع پایینی درز لوله‌ها برای عبور آب بندکشی نشدند. طول لوله‌های بتونی ۱ متر بود. این زهکش‌ها به ویژه در زمان

اجرا و نیز در روزهای اولیه پس از اجرا به خوبی عمل کرده و بخش قابل ملاحظه‌ای از آب‌های زیرزمینی را تخلیه نمودند و پس از آن نیز به عنوان یک خط زهکش، بخشی از زه‌آبها را جمع و تخلیه می‌کنند. در تعدادی از مزارع حاشیه منطقه زهدار، به اعتبار وجود این خطوط جذب و جمع‌کننده که می‌توانست تا حدودی نقش زهکش حائل را ایفا کند، از اجرای زهکش‌های مزرعه صرفنظر شد. در محاسبات طراحی نیز، برای منظور نمودن اثرات این زهکش‌ها در تخلیه آب زیرزمینی، فواصل خطوط زهکش‌ها برحسب شرایط ۲۰-۱۰ متر افزایش داده شد. علیرغم این مزایا، نصب فیلتر شنی در زیر و دو طرف لوله‌های بتونی، سلامت و پایداری بیشتری را برای لوله‌ها بوجود آورده است. علیرغم این اثرات، اجرای جمع‌کننده به این شکل می‌تواند از نظر اقتصادی قابل بحث باشد، کما اینکه کارشناس بانک جهانی با این روش اجرا نظر موافقی نداشت. مصرف حجم قابل ملاحظه فیلتر در پیرامون لوله، خود، هزینه‌هایی را در بردارد که به ویژه در مناطقی که دسترسی به شن و ماسه، مشکل و هزینه‌های آن گران باشد، قابل ملاحظه خواهد بود. در شرایط دشت بهبهان صرفه‌جویی حاصل از افزایش فواصل بین خطوط زهکش مزرعه به خاطر جذب‌کننده بودن زهکش جمع‌کننده، در حدود ۳۶۰,۰۰۰ ریال در هکتار و هزینه‌های اضافی به علت فیلترگذاری بستر این لوله‌ها در حدود ۱۲۰,۰۰۰ ریال در هکتار بوده است.

۳- توصیه‌ها

براساس تجربیات بدست آمده از اجرای پروژه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان، موارد زیر قابل توصیه خواهد بود

- تدارک امکانات کنترل و اندازه‌گیری کیفیت لوله‌های زهکشی در کارگاه الزامی شده و در مشخصات خصوصی قرارداد با پیمانکاران گنجانده شود. علاوه بر آن، لوله‌ها، زمانی که برای اجرا به طول منتقل می‌شوند؛ نیز از نظر کیفیت کنترل شوند. منطبق بودن مشخصات لوله‌ها با استانداردها در

- کارخانه لازم هست؛ ولی کافی نیست. شرایط حمل و نقل و نگهداری لوله‌ها، میتواند به طور قابل ملاحظه در کیفیت آنها اثر بگذارد.
- در بررسی‌های میدانی در مرحله مطالعات، به شناخت پتانسیل‌های زهکشی طبیعی اهتمام بیشتری مبذول شود.
 - به راه حل‌های غیرسازه‌ای برای حل مسایل زه‌آب‌های زیرزمینی توجه متناسبی اعمال شود. عدم مدیریت درست آب در مزرعه و نیز کشت محصولاتی مانند برنج، می‌تواند منشأ اصلی تغذیه سفره آب زیرزمینی و زهدار شدن اراضی باشد. کاهش تلفات آب و یا حتی تغییر الگوی کشت و کاهش تراکم محصولات پرمصرف به ویژه برنج‌کاری، می‌تواند راه حل مناسبی برای برطرف کردن اینگونه مسایل و یا حداقل متعادل کردن ابعاد مشکلات باشد.
 - هر چند این توصیه برخلاف معیارهای متداول است؛ ولی به نظر می‌رسد اجرای زهکش‌های مزرعه در جهت شیب تند، بدون اینکه مشکل اساسی بوجود آورده باشد، عملکرد مطمئن‌تر زهکش‌ها را به همراه داشته است.

تعدیل ضریب زهکشی در دشت مغان^(۱)

اردوان آذری^(۲) - بهروز مصطفی‌زاده^(۳)

چکیده:

در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، گرچه نقش اصلی جذب و دفع زه‌آب از پروفیل خاک بر عهده لترال‌ها است، لیکن چنانچه جمع‌کننده‌ها از لوله‌های مشبک یا منقطع ساخته شده باشند، بخشی از زه‌آب مستقیماً از طریق جمع‌کننده‌ها تخلیه می‌شود. در طراحی زهکش‌های زیرزمینی این بخش از تخلیه به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات لازم و دشوار بودن برآورد میزان آن معمولاً مورد توجه قرار نمی‌گیرد. در صورتی که میزان تخلیه زه‌آب توسط جمع‌کننده‌ها تعیین و ضریب زهکشی طرح نسبت به آن اصلاح گردد، زهکش‌های زیرزمینی می‌توانند با فواصل بیشتر و ظرفیت کمتر و در نتیجه اقتصادی‌تر طراحی شوند.

این تحقیق با هدف تعیین میزان تخلیه جمع‌کننده‌ها و تعدیل ضریب زهکشی در شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان به انجام رسیده است. در فاصله زمانی بین اجرای جمع‌کننده‌ها و لترال‌ها، اندازه‌گیری تخلیه جمع‌کننده‌ها در یک قطعه ۹۰۰ هکتاری به انجام رسیده و نتایج آن با تخلیه سیستم پس از اجرای لترال‌ها مقایسه شد. همچنین شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها و نیز وضعیت سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها نیز اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان داد که به طور متوسط ۹۵/۳ لیتر در ثانیه یا ۰/۹۲ میلیمتر در روز مستقیماً از طریق جمع‌کننده‌ها جذب و تخلیه می‌شود. از سوی دیگر کل تخلیه سیستم پس از نصب لترال‌ها ۲۱۲/۷ لیتر در ثانیه یا ۲/۰۴ میلیمتر در روز اندازه‌گیری شد. مقایسه تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها با تخلیه کل سیستم، با در

۱- ارائه شده در «دومین کارگاه فنی زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران - ۱۳۸۰

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کارشناس مهندسی مشاور آب‌ورزان

۳- دانشیار گروه آبیاری دانشگاه صنعتی اصفهان

نظر گرفتن کاهش تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها پس از نصب لترال‌ها، نشان داد که حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد از کل تخلیه شبکه زهکشی از طریق جمع‌کننده‌ها صورت می‌گیرد که در صورت اعمال آن بر ضریب زهکشی طرح، ضریب زهکشی به جای ۲/۸ میلیمتر در روز به رقم ۲/۱۱ تا ۲/۱۶ میلیمتر در روز کاهش یافته، در نتیجه فواصل زهکش‌ها می‌تواند ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش یافته و از لوله‌های زهکش با قطر کمتر استفاده گردد.

۱- مقدمه

در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، اگر چه نقش اصلی جذب و دفع زه‌آب از پروفیل خاک بر عهده زهکش‌های فرعی (لترال‌ها) است، لیکن چنانچه جمع‌کننده‌ها از لوله‌های مشبک یا منقطع ساخته شده باشند، بخشی از زه‌آب از طریق منافذ یا محل اتصال لوله‌ها جذب و تخلیه می‌شود. در طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی این بخش از تخلیه زه‌آب به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات لازم و دشوار بودن برآورد میزان آن، معمولاً مورد توجه قرار نمی‌گیرد و فواصل زهکش‌های زیرزمینی و ظرفیت آنها براساس تخلیه تمامی ضریب زهکشی توسط لترال‌ها تعیین می‌شود.

میزان تخلیه‌ای که مستقیماً توسط جمع‌کننده‌ها صورت می‌گیرد، بخشی از ضریب زهکشی اراضی است که در صورت کسر کردن آن از ضریب زهکشی طراحی لترال‌ها، ضریب زهکشی، کاهش یافته و در نتیجه فواصل لترال‌ها افزایش و ظرفیت آنها کاهش می‌یابد. در این صورت طرح زهکشی با هزینه کمتری به مورد اجرا گذاشته می‌شود. از سوی دیگر تخلیه مستقل جمع‌کننده‌ها می‌تواند بر موازنه مؤلفه‌های بیلان سفره سطحی تأثیر گذاشته و موجب افت نسبی سطح ایستابی و احتمالاً کنترل محدودیت‌های زهکشی در آن بخش اراضی که این محدودیت از شدت زیادی برخوردار نیست، خواهد بود و از این طریق نیاز به احداث لترال‌های زهکشی در بخش‌هایی از اراضی منتفی خواهد شد.

بررسی‌های انجام یافته در چارچوب این تحقیق بر این اساس صورت گرفته است که چنانچه میزان تخلیه زه‌آب توسط جمع‌کننده‌ها به طور مجزا تعیین شود و با کل

تخلیه سیستم شامل لترال‌ها و جمع‌کننده‌ها مورد مقایسه قرار گیرد، نقش و تأثیر هر یک از اجزای شبکه در جذب و تخلیه زه آب تعیین شده و از این طریق نسبت تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها به کل تخلیه سیستم زهکشی مشخص می‌شود.

۲- بررسی منابع

۲-۱- ضریب زهکشی و عوامل مؤثر بر آن

مفهوم «ضریب زهکشی» در روش‌های ماندگار مورد توجه قرار می‌گیرد [۱] چرا که در این روش‌ها ضریب زهکشی به صورت یک پارامتر صریح بکار می‌رود. در حالیکه در روش‌های غیر ماندگار ضریب زهکشی یک پارامتر ضمنی بوده و براساس میزان تغذیه آب زیرزمینی در فاصله زمانی دو آبیاری یا بارندگی و خیز سطح ایستابی ناشی از آن مطرح می‌شود.

بنا به تعریف، ضریب زهکشی یا شدت تخلیه زهکشی، میزان آبی است که می‌باید در ۲۴ ساعت از طریق زهکش‌ها تخلیه شود [۲ و ۳] تا علاوه بر کنترل سطح آب زیرزمینی در عمق مورد نظر، املاح اضافی نیز از پروفیل خاک خارج شود [۲]. سرویس حفاظت خاک امریکا (SCS) ضریب زهکشی را مقداری از آب اضافی که جهت تأمین رشد مطلوب گیاه باید از خاک خارج شود، تعریف کرده است [۴].

براساس نظر کارشناسان فائو [۱] معمولاً ۲ نوع ضریب یا مدول در طرح زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- ضریب زهکشی برای محاسبه فواصل زهکش‌ها
- ضریب زهکشی برای محاسبه ظرفیت (قطر) زهکش‌ها، که میزان آن بستگی به ضریب اولی دارد.

با این دیدگاه شاید بهتر باشد یک ضریب زهکشی نیز برای تعیین ظرفیت جمع‌کننده‌ها تعریف شود که مقدار آن بستگی به ضریب زهکشی برای تعیین ظرفیت زهکش‌ها و سطح تحت پوشش هر جمع‌کننده دارد. با این حال بگونه‌ای که پیداست، ضریب زهکشی برای محاسبه فواصل زهکش‌ها، اساس تعیین ضرایب دیگر بوده و با توجه به عوامل گوناگون مؤثر بر آن، می‌باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

الف - ضریب زهکشی برای مناسبه فواصل زهکشها

این ضریب، آن گونه که ذکر شد، در روش ماندگار مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای برآورد آن می‌توان از معادله بیلان زیر استفاده کرد [۱].

$$Q_s = R_f + S_c + S_i - D_n \quad (1)$$

پارامترهای معادله فوق برحسب ارتفاع آب در زمان (میلیمتر در روز) یا دبی در واحد سطح (لیتر در ثانیه در هکتار) به صورت زیر تعریف می‌شوند:

Q_s ، ضریب یا مدول زهکشی، R_f ، تغذیه از داخل مزارع به سفره آب زیرزمینی از طریق شستشو و نفوذ عمقی آب آبیاری، S_c ، نشت از کانال‌ها، S_i ، نشت آب زیرزمینی از خارج از محدوده مورد نظر شامل نفوذ جریانات تحت فشار و D_n ، زهکشی طبیعی یا خروج طبیعی آب زیرزمینی از محدوده طرح.

در صورتی که ضریب زهکشی عمدتاً ناشی از آبیاری اراضی بوده و نفوذ ناشی از بارندگی و نشت آبهای زیرزمینی به داخل محدوده اراضی و نیز زهکشی طبیعی قابل صرفنظر کردن باشد، ضریب زهکشی از رابطه زیر می‌تواند محاسبه شود [۵].

$$q = \frac{(P+C)/100}{24F} i \quad (2)$$

که در آن:

q ، ضریب زهکشی برحسب میلیمتر در ساعت، P ، نفوذ عمقی آب آبیاری برحسب درصد، C ، تلفات آب در انهار برحسب درصد، i ، ارتفاع آب آبیاری در هر نوبت بر حسب میلیمتر، F ، فواصل آبیاری در دوره حداکثر نیاز آبی برحسب روز است.

بطور کلی با توجه به روابط (۱) و (۲) می‌توان گفت که برآورد ضریب زهکشی، تعیین مقادیر کمی مؤلفه‌هایی است که یا با میزان آب اضافی در خاک که می‌باید توسط زهکشها خارج شوند، جمع (تغذیه) و یا از آن کسر (تخلیه) می‌شوند.

عوامل تغذیه که معمولاً در تعیین ضریب زهکشی مؤثر هستند، عبارت از نفوذ عمقی ناشی از انتقال، توزیع و کاربرد آب آبیاری در مزارع، نفوذ عمقی ناشی از بارندگی و ذوب برف، نشت آب از اراضی بالادست بوسیله جریانات زیرزمینی یا رواناب‌های سطحی، اثر لایه‌های آرتزین سطحی و سایر منابع موضعی و مقطعی است. از سوی دیگر عوامل تخلیه، شامل زهکشی طبیعی آب زیرزمینی، تبخیر از

سفره کم عمق، برداشت از طریق چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوت، تخلیه توسط زهکش‌های طبیعی و مصنوعی و نشت از سفره سطحی به عمقی است.

بدیهی است که اهمیت تأثیر عوامل بر شمرده فوق بر روی ضریب زهکشی یکسان نبوده و از طرفی در عمل معمولاً تنها تعدادی از آنها در یک منطقه معین بر روی آن مؤثر هستند. از این رو برای مقاصد طراحی زهکش‌های زیرزمینی، معمولاً ضریب زهکشی براساس تعدادی از عوامل یاد شده که اهمیت نسبی زیادتری دارند، تعیین می‌شود.

ب - ضریب زهکشی برای مناسبه ظرفیت (قطر) زهکش‌های زیرزمینی

مقدار جریان ورودی به زهکش‌های زیرزمینی را می‌توان با استفاده از معادلات مناسب با در نظر گرفتن حالتی که سطح آب زیرزمینی در بالاترین حد خود برای طراحی باشد، محاسبه کرد [۱]

سرویس حفاظت خاک امریکا (SCS) با توجه به اینکه هر زهکش، سطحی معادل حاصلضرب فاصله زهکش‌ها در طول آنها را زهکشی می‌کند، محاسبه دبی زهکش‌ها را با استفاده از ضریب زهکشی به شرح زیر پیشنهاد کرده است [۵]:

$$Q_r = \frac{q(L + \frac{S}{2})S}{86400} \quad (۳)$$

که در آن:

Q_r ، دبی زهکش‌ها برحسب لیتر در ثانیه؛ q ، ضریب زهکشی برحسب میلی‌متر در روز؛ L ، طول زهکش‌ها برحسب متر؛ و S ، فاصله زهکش‌ها برحسب متر است.

رابطه فوق یک رابطه منطقی بین ضریب زهکشی و سطح اراضی تحت پوشش هر زهکش است که در شرایط ماندگار کاربرد دارد. برای شرایط غیرماندگار، دبی زهکش‌ها در واحد طول براساس توصیه دفتر عمران اراضی امریکا (USBR) از روابط زیر تعیین می‌شود [۶]:

در حالتی که زهکش‌ها روی لایه محدود کننده باشند:

$$q = \frac{4KH^2}{86.4L} \quad (۴)$$

در حالتی که زهکش‌ها بالای لایه محدودکننده باشند:

$$q = \frac{2\pi K y_0 D}{86.4L} \quad (5)$$

که در آنها:

q ، دبی زهکش‌ها در واحد طول برحسب لیتر در ثانیه در متر طول، L ، فاصله زهکش‌ها برحسب متر، K ، هدایت هیدرولیک خاک برحسب متر در روز، y_0 و H ، ارتفاع حداکثر سطح ایستابی در وسط زهکش از محل نصب برحسب متر، D ، عمق متوسط جریان برحسب متر که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = d + \frac{y_0}{2} \quad (6)$$

که در آن d فاصله زهکش تا لایه محدودکننده برحسب متر است.

ج - ضریب زهکشی برای مناسبه ظرفیت جمع‌کننده‌ها

ضریب یا مدول زهکشی برای محاسبه ظرفیت جمع‌کننده‌ها، تابع ضریب زهکش‌های فرعی، سطح اراضی تحت پوشش و سطح اراضی که در یک زمان آبیاری می‌شود، است [۱].

معمولاً در عمل تمام اراضی یک زیر حوزه در یک زمان آبیاری نمی‌شود. بنابراین تمام اراضی زیر یک جمع‌کننده در یک زمان به طور هم‌سنگ در تخلیه شرکت ندارند. نسبت اراضی تحت پوشش یک جمع‌کننده (A) به اراضی که در یک زمان آبیاری می‌شوند (A_c)، نسبت اراضی مورد آبیاری در حوزه مورد نظر است ($\frac{A_c}{A}$). چنانکه Q_c جریان ورودی به جمع‌کننده در طول مدت آبیاری اراضی A_c و Q جریان ورودی در صورت آبیاری تمام اراضی باشد، تنها در حالتی $Q_c = Q$ است که $A_c = A$ باشد. بنابراین معمولاً Q_c کوچکتر از Q است که میزان آن بستگی به نسبت A_c/A دارد. بر این اساس ضرایب پیشنهادی کارشناسان فائو که باید بر روی Q اعمال شود تا Q_c حاصل شود در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱- ضرایب دبی جمع‌کننده‌ها براساس نسبت اراضی آبیاری شده

۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۵۵	۱/۰۰	A ₀ /A
۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۶	۱/۰۰	ضریب

دفتر عمران اراضی امریکا، تأثیر غیر همزمانی آبیاری کل اراضی زیر یک جمع‌کننده را به صورت ضریب بین یک و ۰/۵ متناسب با وسعت اراضی واقع در زیر یک جمع‌کننده، توصیه کرده است [۶]. این ضریب که بر روی ضریب زهکشی برای تعیین ظرفیت جمع‌کننده‌ها اعمال می‌شود، با افزایش سطح اراضی کاهش می‌یابد. در تعیین ضریب زهکشی برای ظرفیت جمع‌کننده‌ها، کارشناسان فائو همچنین اذعان دارند که اگر در یک فصل، تمام اراضی زیر یک جمع‌کننده کشت نشود، مدول جمع‌کننده‌ها باید براساس بیشترین رقمی که با توجه به ترکیب کشت در فصول آبیاری، در یک دوره یک ساله بدست می‌آید، انتخاب شود. در این حالت علاوه بر ضریب تعدیل مربوط به اراضی تحت آبیاری در یک زمان، ضریب تعدیل دیگری که مربوط به نسبت اراضی کشت شده به کل اراضی است، نیز بکار گرفته می‌شود. این ضریب مستقل از موقعیت اراضی کشت شده نسبت به جمع‌کننده است.

۲-۲- معیارهای تعیین ضریب زهکشی

در ایران اکثراً طراحی برای شرایط فصل زراعی صورت می‌گیرد. برای این منظور می‌توان ۳ حالت در نظر گرفت:

الف: طراحی برای شرایط الگوی کشت محصولات مختلف (شرایط ماندگار)
 ب: طراحی برای شرایط ماه حداکثر نیاز آبی محصولات پرمصرف در الگو (شرایط ماندگار یا غیرماندگار)

ج: طراحی براساس برنامه آبیاری محصولات پرمصرف (شرایط غیرماندگار)
 اگر چه انتخاب هر یک از معیارهای فوق برای تعیین ضریب زهکشی به جز سلیقه طراح، به میزان حساسیت طرح و ضریب اطمینان مورد انتظار بستگی دارد، باید خاطر نشان شود که در حالت الف با توجه به وجود محصولات مختلف با نیازهای آبی متفاوت، ضریب زهکشی حالت متوسطی از این پارامتر را خواهد داشت که در

حالت تهیه طرح براساس آن، در صورت کشت محصولات پرمصرف در ناحیه نسبتاً وسیع، ظرفیت زهکش‌های واقع در آن، برای تخلیه زه‌آب کافی نخواهد بود. از اینرو در نواحی‌ای که زراعت در آنها مرکب از محصولات مختلف با نیازهای آبی متفاوت بوده و کشت هر محصولی در هر قطعه از اراضی محتمل است، معمولاً از این حالت برای طراحی استفاده نمی‌شود. ضریب زهکشی در این حالت معمولاً کمتر از دو حالت دیگر است.

در دو حالت دیگر، ضریب زهکشی براساس نیاز آبی محصولات پرمصرف برآورد می‌شود. در این صورت، چنانچه محصولات مورد نظر به صورت متمرکز و بر روی یک خط لوله معین کشت شود، ظرفیت زهکش‌ها برای تخلیه زه‌آب، کافی بوده و در صورت کشت محصولات با مصرف کمتر، زهکش‌ها نیز به میزان کمتری تخلیه خواهند کرد. استفاده از دو حالت اخیر در طراحی شبکه‌های زهکشی توسط مهندسان مشاور در کشور، متداول‌تر است.

در برآورد میزان ضریب زهکشی، مقادیر تخلیه زهکش‌های اصلی و به ویژه جمع‌کننده‌ها از زه‌آب، معمولاً در نظر گرفته نمی‌شود. بررسی مبانی تعیین ضریب زهکشی تعدادی از طرح‌های زهکشی تهیه شده در کشور در سال‌های گذشته تاکنون، نشان می‌دهد که نه تنها در اغلب این طرح‌ها به تخلیه‌های فوق‌الذکر توجهی نمی‌شود، بلکه در موارد زیادی به زهکشی طبیعی اراضی نیز که موجب کاهش میزان ضریب زهکشی است، توجه کافی مبذول نمی‌گردد. از این رو به نظر می‌رسد در تعیین ضریب زهکشی در اکثر طرح‌ها و پروژه‌ها در کشور ما بعضی عوامل کاهش‌دهنده آن، در نظر گرفته نشده است.

۲-۳- بهینه‌سازی ضریب زهکشی

بهینه‌سازی ضریب زهکشی به معنای تعیین میزان این پارامتر به گونه‌ای است که منجر به تهیه اقتصادی‌ترین طرح با کارآیی مورد نیاز باشد. منظور از کارآیی مورد نیاز توجه همزمان به کنترل سطح ایستابی در حد مورد نظر برای تأمین شرایط تهویه ریشه گیاه و اعمال آبشویی کافی برای جلوگیری از تجمع املاح در سطح و داخل پروفیل خاک است. بنابراین در صورتی که بهینه‌سازی ضریب زهکشی به

طرقی غیر از منظور کردن تخلیه‌های موجود (از جمله تخلیه توسط جمع‌کننده‌ها)، صرفاً با کاهش نفوذ عمقی صورت گیرد، در این حالت همواره باید به خطر شور شدن اراضی در اثر کاهش میزان آبشویی املاح از پروفیل خاک توجه کرد. معمولاً تعیین مقادیر کمی عوامل مؤثر یاد شده دشوار است و اطلاعات کافی برای آن در دسترس نیست. پاره‌ای اطلاعات باید به طور تجربی و از طریق مزارع آزمایشی کسب شود که این امر نیز انجام نمی‌گیرد. لذا به ناچار پاره‌ای عوامل به طور نظری و با اعمال ضرایب اطمینان بالا، برآورد می‌شود. طراحان عموماً پرمصرف‌ترین گیاه را از میان الگوی کشت انتخاب می‌کنند و سایر پارامترها از جمله میزان نفوذ عمقی و سایر عوامل را به طور نظری برآورد کرده و بر مبنای آن به محاسبه ضریب زهکشی می‌پردازند [۴]. این امر موجب می‌شود که بسته به نظر طراح و پیش‌بینی شرایط آبی مدیریت یا کارکرد اجزای شبکه آبیاری، مقادیری برای هر یک از مؤلفه‌های این ضریب در نظر گرفته شود که میزان سازگاری آن با آنچه که در واقعیت وجود دارد، نامعلوم است. اکرم (۱۳۷۸) اعلام کرده است که نیشکر، یونجه و ذرت گیاهانی هستند که مصرف آب آنها در خوزستان تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند، اما ضریب زهکشی برای نیشکر ۵ تا ۶ میلیمتر در روز و برای دو گیاه دیگر ۲/۵ میلیمتر در روز در نظر گرفته شده است [۴]. همچنین در همین منبع به نقل از سرویس حفاظت خاک امریکا عنوان شده است که ضریب زهکشی واقعی ممکن است تا ۴۰ درصد از ضریب زهکشی محاسبه شده کمتر باشد زیرا در روش‌های محاسباتی، جذب آب توسط جمع‌کننده‌ها و زهکشی طبیعی نادیده گرفته شده است.

تجربه پاکستان

تجربیات انجام گرفته در پاکستان در زمینه بهینه‌سازی ضریب زهکشی از طریق کاهش تدریجی آن در طرح‌های جدید مثال مناسبی در این زمینه است و می‌تواند الگویی برای تهیه طرح‌های جدید زهکشی در کشور ما محسوب شود. ضریب زهکشی در پروژه‌های جدید در پاکستان به طور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از پروژه‌های قدیمی است و ارقام حاصل از اندازه‌گیری در دوره‌های مشاهده‌ای

نشان می‌دهد که دبی واقعی خروجی از زهکش‌ها پایین‌تر از مقدار تخمینی دبی طراحی است.

تمایل عمومی برای کاهش ضریب زهکشی پس از بررسی وضعیت و ارزیابی عملکرد پروژه‌های اجرا شده در پاکستان بروز یافت به گونه‌ای که ضریب زهکشی از رقم ۵/۰ تا ۳ میلیمتر در روز در پروژه EKTDP (۱۹۷۶) تا ۰/۹۵ میلیمتر در روز در پروژه MTD II (۱۹۹۴) کاهش یافت. برای توضیح بیشتر، اجزای برآورد ضریب زهکشی در پروژه‌های مختلف این کشور به ترتیب زمانی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- اجزاء برآورد ضریب زهکشی در پروژه‌های زهکشی پاکستان - میلیمتر در روز

نام پروژه ها و سال طراحی پروژه							اجزای ضریب زهکشی
MTDII (۱۹۹۴)	FESS (۱۹۹۴)	KHSCARP (۱۹۹۰)	CCADP (۱۹۸۴)	FDP (۱۹۸۳)	MASCARP (۱۹۸۳)	EKTDP (۱۹۷۶)	
	۰/۰۵		۰/۵-۳/۸	۰/۴۵		۱/۵-۰/۵	تلفات کانال اصلی
	۲/۶۷	۱/۸	۰/۸۶	۰/۵۶	۴/۵	۲	تلفات توزیع و مزرعه بارندگی
			۰/۰۶	۱/۴۳	۴/۸		زهکشی طبیعی
			-۰/۱۱		-۶/۱		تبخیر
۰/۹۵	۱/۵	۱/۸	۱/۳-۴/۶	۲/۴۴	۳	۲/۵-۳/۵	ضریب زهکشی
	۲۴۸	۴۷۰	۲۵۰	۳۴۶	۵۲۸	۶۰	متوسط سالانه بارندگی (میلیمتر)
	۲۲	۱/۸	۵/۱	۱/۸	۳/۶	۳/۶	میزان آبیاری پیش‌بینی شده (میلیمتر در روز)

به طوری که در این جدول دیده می‌شود، ضریب زهکشی در طرح‌های مختلف از سال ۱۹۷۶ مرتباً کاهش یافته و در جدیدترین پروژه به کمترین مقدار در میان طرح‌ها رسیده است [۷]. عواملی که موجب تمایل برای کاهش ضریب زهکشی شده از جمله مشاهدات صحرایی طرح‌های اجرا شده بود که در طی آن کاهش یکنواختی در میزان دبی واقعی خروجی نسبت به دبی طراحی دیده شد و نیز سطح ایستابی به میزان قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از سطح طراحی شده بود. این مسئله موجب تمایل به کاهش

ضریب زهکشی و یا دبی طراحی گردید. تجربیات پروژه «مردان اسکارپ» که وجود سطح ایستابی بسیار پایین را به جهت بالا بودن ضریب زهکشی طراحی نشان می‌داد، اطمینان خاطر را برای کاهش ضریب زهکشی در پروژه «سوابی اسکارپ» که در مجاورت آن قرار دارد، تا ۲ میلیمتر در روز بوجود آورد. این نتایج باعث شد که به صورت قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های سرمایه‌گذاری سیستم زهکشی صرفه‌جویی شود [۷].

تجربه مصر

در مصر، پروژه‌های جدید زهکشی در دلتای نیل با ضریب زهکشی معادل یک میلیمتر در روز طراحی می‌شود. با این حال اگر چه این مقدار برای کنترل سطح ایستابی در حد یک متر از سطح زمین کافی است، لیکن بررسی‌های انجام یافته حکایت از این دارد که برای کنترل شوری رطوبت خاک برای گیاهان مختلف در اراضی پست، ناکافی است. اخیراً سازمان ملی پروژه‌های زهکشی مصر (EPADP) ضریب زهکشی را در نواحی شمالی دلتای نیل به $1/25$ و در نواحی پست و کم ارتفاع به $1/5$ میلیمتر در روز افزایش داده است. این تصمیم براساس نتایج آزمایش‌های مختلف در «مزارع آزمایشی» متعدد موجود اتخاذ شده است [۸].

در ایران

ذکر موارد فوق نشان می‌دهد که در کشورهایی که از شرایط مشابهی نسبت به کشور ما برخوردار بوده و تجارب زیادی در زهکشی اراضی دارند، گرایش بر کاهش ضریب زهکشی پدید آمده است. در کشور ما که هم‌اینک قریب به ۱۵۰,۰۰۰ هکتار اراضی تحت پوشش زهکشی وجود دارد، آزمایش‌ها و ارزیابی‌های چندانی در سطح ملی برای بهینه‌سازی مبانی طراحی زهکشی از جمله ضریب زهکشی صورت نگرفته است. مهندسين طراح همچنان به طور نظری و براساس برآوردهای کارشناسی به تخمین مقادیر کمی مؤلفه‌های ضریب زهکشی می‌پردازند. از این رو همواره جوانب احتیاط رعایت می‌شود که منجر به بالاتر منظور کردن میزان ضریب زهکشی در طرح‌ها می‌شود. در بیشتر پروژه‌های زهکشی ضریب زهکشی بزرگتر از

۳ میلیمتر در روز در نظر گرفته شده، حتی در بعضی پروژه‌ها (پروژه‌های نیشکر در خوزستان)

تا ۶ میلیمتر در روز منظور شده است [۹]. این در حالی است که بای‌بوردی (۱۳۷۳) میزان ضریب زهکشی برای اکثر نواحی کشورمان را ۲ میلیمتر در روز توصیه کرده است [۱۰].

البته نباید از نظر دور داشت که طراحان زهکشی کشورمان در سال‌های اخیر براساس تجارب خود و نیز تجارب بین‌المللی، علیرغم فقدان اطلاعات دقیق و آزمایش‌های لازم، تمایل به کاهش ضریب زهکشی در طرح‌های جدید را بروز داده‌اند و به طرق مختلف در برآوردهای مورد نیاز برای تعیین ضریب زهکشی از «حداکثر کردن» تمامی مؤلفه‌ها اجتناب کرده و حد «بهینه‌ای» را به طور نظری انتخاب می‌کنند. نمونه این امر طرح زهکشی دشت مغان است که ابتدا براساس برنامه آبیاری محصول یونجه با مصرف آب زیادتر (۱۸۴۰۰ متر مکعب در سال) ولی با سطح کشت کم (۱۴ درصد در الگو) طراحی شده بود. پس از اجرای بخش‌هایی از شبکه و مشاهده تخلیه کمتر از حد انتظار زهکش‌ها و عمق بیشتر از حد مورد نظر سطح ایستابی، گرایش به کاهش ضریب زهکشی قوت گرفت و در تجدید نظر اساسی در طرح، با انتخاب محصول پنبه با سطح کشت زیادتر از یونجه (۶۲/۶ درصد در الگو با توجه به افزایش قابل توجه سطح کشت در سالهای اخیر) و مصرف آب کمتر از آن (۱۱۲۰۰ متر مکعب در سال) و متعادل کردن ضریب اطمینان طرح از طریق منظور کردن نفوذ عمقی کمتر (۲۵ درصد از سطح مزرعه بجای جمعاً ۳۴ درصد از مزرعه و زهکش‌های سطحی) ضریب زهکشی تا ۲/۸ میلیمتر در روز کاهش داده شد. نمونه‌های دیگری نیز در زمینه گرایش به کاهش ضریب زهکشی در سال‌های اخیر می‌توان ذکر کرد.

در طرح زهکشی بهبهان، ضریب زهکشی براساس نیاز آبی محصولات یونجه و نرت تحت شرایط ماندگار محاسبه شده است. میانگین شدت تغذیه در دو ماه حداکثر مصرف آب برابر ۴ میلیمتر در روز برآورد شده که پس از کسر پتانسیل زهکشی

طبیعی به میزان ۱/۵ میلیمتر در روز، ضریب زهکشی طرح معادل ۲/۵ میلیمتر در روز مبنای محاسبات قرار گرفته است [۱۱]

در طرح توسعه کشت و صنعت اکالیپتوس، میزان ضریب زهکشی براساس برنامه آبیاری درختان اکالیپتوس برابر ۲/۱ میلیمتر در روز منظور شده است [۱۲].

در نهایت اگر چه در اکثر طرح‌های زهکشی کشورمان در سالهای اخیر، ضریب زهکشی تا حد ممکن بالحاظ کردن نیازهای آبشویی، کمتر در نظر گرفته شده است، با این حال در اکثریت قریب به اتفاق طرح‌ها، برآوردها به طور نظری صورت گرفته و متکی به تحقیقات و آزمایش‌های محلی نبوده است. در حقیقت یکی از موانع بهینه‌سازی ضریب زهکشی در کشور ما، فقدان اطلاعات و تجربیات محلی و بها ندادن به مزارع آزمایشی در طرح‌های زهکشی است. در این شرایط، اطمینان خاطر کافی از نظر عملکرد سیستم و نیل به اهداف فنی و اقتصادی برای مهندسان طراح حاصل نمی‌شود و آنان ناگزیر از افزایش ضریب اطمینان طرح هستند. این امر منجر به تهیه طرح‌های گران‌تر و شبکه زهکشی متراکم‌تر می‌شود.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- محل انجام تحقیق و مشخصات آن

این تحقیق در بخشی از اراضی زهدار دشت مغان به انجام رسیده است که در زمان انجام تحقیق شبکه زهکشی زیرزمینی در آن در حال اجرا بود. برنامه عملیات اجرایی به گونه‌ای تنظیم شده بود که فاصله زمانی قابل توجهی بین اجرای جمع‌کننده‌ها و لترال‌ها وجود داشت. از این رو امکان اندازه‌گیری‌های مورد نیاز این تحقیق بر روی تخلیه مستقل جمع‌کننده‌ها فراهم شد. پس از تکمیل سیستم و احداث لترال‌ها نیز اندازه‌گیری تخلیه کل سیستم به انجام رسید.

محل اجرای این تحقیق، اراضی واقع در حد فاصل کانال‌های DC1 و DC2 به وسعت حدود ۱۱۰۰ هکتار است که ۹۰۰ هکتار از آن تحت پوشش شبکه زهکشی و ۲۷۰ هکتار تحت پوشش لترال‌ها قرار گرفته است. این ناحیه توسط کانال‌های یاد شده

از طرفین و کانال برگشتی A و زهکش مرزی از بالادست و پایین‌دست از سایر اراضی کاملاً مجزا شده است.

شبکه زهکشی اجرا شده در محل انجام تحقیق مرکب از لوله‌های پلاستیکی هستند که در عمق حدود ۱/۹ تا ۲/۲ متر از سطح زمین متناسب با شیب طبیعی اراضی (حداقل ۰/۷ در هزار) با فواصل حداقل ۱۰۰، حداکثر ۱۷۰ و میانگین ۱۵۰ متر کارگذاری شده است. این زهکش‌ها در جمع‌کننده‌های لوله‌ای از جنس بتن به قطر ۳۰۰ ، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلیمتر که از خط‌القع‌های موضعی اراضی عبور می‌کنند، تخلیه شده و جمع‌کننده‌ها نیز به نوبه خود در زهکش روباز DR1-2 وارد می‌شوند. تخلیه‌گاه نهایی زهکش‌ها در این ناحیه زهکش مرزی است که نهایتاً به رودخانه ارس می‌پیوندد.

جمع‌کننده‌های اصلی و فرعی احداث شده در این محل شامل ۱۲ رشته هستند که در ۶ نقطه به زهکش روباز DR1-2 تخلیه می‌شوند. طول کل جمع‌کننده‌ها ۱۸/۲ کیلومتر و عمق نصب آنها در طول مسیر متفاوت (از حداقل ۱/۹۴ تا حداکثر ۳/۶۶ متر) و به طور متوسط ۲/۵۷ متر است .

لترال‌های احداث شده در این محل شامل ۸۵ رشته جمعاً به طول ۴۴ کیلومتر بوده که حداقل طول خط لترال ۲۵۰ و حداکثر آن ۹۱۴ متر است. در طول مسیر لترال‌ها به فاصله حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر و نیز در محل اتصال لترال به جمع‌کننده از منهل‌های بتنی به قطر ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر استفاده شده است. در اطراف لوله‌های زهکشی، فیلترشن و ماسه‌ای به ضخامت ۱۰ سانتیمتر از هر طرف که دانه‌بندی آن براساس معیارهای دفتر عمران اراضی آمریکا تعیین شده، بکار رفته است.

ضریب زهکشی طراحی لترال‌ها براساس نفوذ عمقی ناشی از آبیاری پنبه با مصرف ۱۱۲۰۰ متر مکعب در هکتار، معادل ۲/۸ میلیمتر در روز و ضریب زهکشی الگوی کشت معادل ۲/۰۱ میلیمتر در روز تعیین شده است. در طراحی زهکش‌ها، عمق کنترل سطح ایستابی یک متر از سطح زمین منظور شده است. هدایت هیدرولیک خاک‌ها در بعضی قسمت‌ها در حدود عمق ۱/۵ تا ۳ متر، کمتر از یک متر در روز (حداقل ۰/۱۲ متر در روز) بوده ولی در سایر قسمت‌ها چه در لایه‌های سطحی و چه عمقی میزان این پارامتر بین ۱ تا ۳ متر در روز اندازه‌گیری شده است. به استثنای

تعدادی از نقاط که در آنها به طور موضعی به لایه‌های متراکم رسی در عمق ۴ تا ۶ متری برخورد شده، در سایر نقاط به لایه‌های محدودکننده برخورد نشده است. بافت خاک اراضی در اغلب قسمت‌ها رس سیلتی یا لوم رسی سیلتی است.

بررسی‌های انجام یافته در ناحیه مورد نظر نشان می‌دهد که الگوی کشت در این اراضی شامل پنبه (۶۲/۶ درصد)، گندم (۱۱/۷ درصد)، یونجه (۸/۲ درصد) و جو (۲/۷ درصد) است. ضمن اینکه بخشی از اراضی (۱۴/۸ درصد) به دلیل زهدار بودن به صورت بایر رها شده است.

۲-۳- آزمایش‌ها و بررسی‌های صحرائی

۱-۲-۳- اندازه‌گیری تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها

جمع‌کننده‌ها در محل انجام تحقیق در ۶ محل به داخل زهکش DR1-2 تخلیه می‌شوند. ۴ رشته از جمع‌کننده‌ها اصلی بوده و ۲ رشته، جمع‌کننده فرعی مستقل هستند. جمع‌کننده‌های اصلی شامل جمع‌کننده‌های 1-2(R)-1، 1-2(L)-1، FD-6 1-2 و FD-7 هستند که به ترتیب در کیلومترهای ۹۵۰ + ۱، ۶۵۰ + ۱، ۸۰۰ + ۰ و ۸۴۰ + ۰ در زهکش DR1-2 تخلیه می‌شوند. جمع‌کننده‌های فرعی مستقل شامل FD6-A و FD7-A هستند که در کیلومتر ۵۰۰+۰ به آن تخلیه می‌شوند.

اندازه‌گیری تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل از احداث لترال‌ها در مرداد ماه ۱۳۷۸ که مصادف با ماه حداکثر نیاز آبی پنبه است، به انجام رسید. پس از احداث لترال‌ها در فاصله زمانی تابستان تا زمستان ۱۳۷۸ و تکمیل عملیات اجرایی سیستم زهکشی در ناحیه مورد نظر، میزان تخلیه از جمع‌کننده‌ها که شامل تخلیه لترال‌ها در جمع‌کننده‌ها و نیز جذب مستقیم جمع‌کننده‌ها بود، در مرداد ماه ۱۳۷۹ اندازه‌گیری شد تا از نظر زمانی امکان مقایسه ارقام اندازه‌گیری شده تخلیه فراهم شده و تفاوت‌ها به حداقل برسد. روش اندازه‌گیری دبی تخلیه با توجه به مشخصات فیزیکی محل تخلیه جمع‌کننده‌ها، در تعدادی از آنها روش حجمی با توجه به زمان، و در تعدادی دیگر براساس اندازه‌گیری مقطع جریان با توجه به قطر لوله‌ها (میزان پرشدگی لوله) بود.

آب‌های خروجی از کلیه جمع‌کننده‌ها کاملاً زلال، و در مقابل آب آبیاری موجود در کانال‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کدر و دارای مواد معلق بود که این امر نشان دهنده مستقل بودن تخلیه جمع‌کننده‌ها از ورود مستقیم آب آبیاری به داخل آنها تلقی می‌شود.

۳-۲-۲- انجام حفاری و اندازه‌گیری شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها

بررسی شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها از طریق حفر چاهک‌های مشاهده‌ای در امتداد قائم بر مسیر جمع‌کننده‌ها و اندازه‌گیری سطح ایستابی از طریق آنها به انجام رسید. محل‌های مناسبی در امتداد مسیر جمع‌کننده‌های FD-6، 1-2(L)-1-1 و FD7-6 انتخاب گردید. محل چاهک‌ها با فواصل ۰/۵، ۵، ۱۵، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر از محور لوله بر روی زمین تعیین شد و در این محل‌ها تا عمق سطح ایستابی حفاری گردید. عمق سطح ایستابی در هر چاهک ثبت و محل چاهک بر روی زمین ترازیابی شد. این عملیات در خلال اندازه‌گیری دبی تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل از احداث لترال‌ها به انجام رسید.

۳-۲-۳- انجام حفاری و اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها

اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها جزو اهداف اصلی این تحقیق نبوده و به منظور اطلاع از عمق کنترل سطح آب زیرزمینی توسط لترال‌ها و مقایسه آن با عمق طراحی با در نظر گرفتن ضریب زهکشی طرح به انجام رسید. برای این منظور در چند محل از جمله اراضی تحت پوشش جمع‌کننده FD-7 در فاصله لترال‌های

FD7-12 و FD7-14 (با فواصل ۱۵۰ متر از هم) و نیز اراضی تحت پوشش جمع‌کننده FD-6 در فاصله لترال‌های FD6-3 و FD6-4 (با فواصل ۱۰۰ متر از هم) چاهک‌هایی حفر و سطح ایستابی اندازه‌گیری شد.

محل چاهک‌ها در هر دو مورد یکی در وسط ($L/2$)، دو حلقه در فاصله $L/8$ از هر لترال و دو حلقه در مجاورت محل نصب لترال (به فاصله $0/4$ متر) بود. اراضی مورد

نظر تحت کشت محصولات جالیزی و پنبه بود که پس از احداث لترال‌ها و هموار کردن محل نصب، تحت کشت رفته بود.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج اندازه‌گیری تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها

نتایج اندازه‌گیری‌های بعمل آمده از تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها در جدول ۳ درج شده است.

جدول ۳- تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها

تخلیه پس از احداث لترال‌ها - لیتر در ثانیه	تخلیه قبل از احداث لترال‌ها - لیتر در ثانیه	جمع‌کننده
۶۳/۸	۳۷/۷	L-2(L)-1
۵۸/۳	۱۸/۲	1-2(R)-1
۴۷/۰	۲۷/۹	FD-6
۳۲/۷	۱۰/۹	FD-7
۶/۷	۰/۲	FD6-A
۴/۲	۰/۴	FD7-A
۲۱۲/۷	۹۵/۳	جمع

ارقام مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که قبل از احداث لترال‌ها، جمع‌کننده‌های احداث شده به طور مستقیم به میزان ۹۵/۳ لیتر در ثانیه از زه‌آب اراضی را جمع‌آوری و تخلیه می‌کردند که با توجه به سطح تحت پوشش آنها به میزان ۹۰۰ هکتار، معادل ۰/۱۰۶ لیتر در ثانیه در هکتار یا ۰/۹۲ میلی‌متر در روز است. این رقم در مقایسه با ضریب زهکشی طراحی شبکه زهکشی (۲/۸ میلی‌متر در روز) معادل ۳۳ درصد و در مقایسه با ضریب زهکشی الگوی کشت (۲/۰۱ میلی‌متر در روز)، معادل ۴۶ درصد از آن می‌باشد که بسیار قابل توجه است. این میزان تخلیه علاوه بر کاهش سطح ایستابی در امتداد مسیر جمع‌کننده‌ها در حد شعاع تأثیر آنها، از طریق

تأثیرگذاری بر موازنه سفره سطحی در مقیاس ناحیه‌ای، موجب کاهش عمومی سطح ایستابی در منطقه می‌شود.

ارقام جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد که پس از احداث لترال‌ها و تکمیل سیستم زهکشی، میزان تخلیه جمع‌کننده‌ها به $212/7$ لیتر در ثانیه افزایش یافته است که معادل $0/236$ لیتر در ثانیه در هکتار یا $2/04$ میلی‌متر در روز است.

این رقم، در مقایسه با ضریب زهکشی طراحی شبکه معادل 73 درصد و در مقایسه با ضریب زهکشی الگوی کشت، مشابه آن می‌باشد. با توجه به اینکه تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها از تمامی سطح اراضی تحت پوشش شبکه زهکشی که شامل الگوی کشت منطقه است، صورت می‌گیرد، لذا این تخلیه تنها با ضریب زهکشی الگوی کشت قابل مقایسه است. نتیجه این مقایسه برای تخلیه جمع‌کننده‌ها پس از احداث لترال‌ها، نشان‌دهنده نزدیک بودن این ارقام بوده و مؤید عملکرد شبکه در شرایطی نظیر شرایط پیش‌بینی شده برای طراحی و حاکم بودن شرایط طراحی بر آن است.

رقم قابل توجه تخلیه جمع‌کننده‌ها (بدون لترال‌ها) به میزان 45 درصد کل ضریب زهکشی الگوی کشت، از این نظر واجد اهمیت است که با احداث جمع‌کننده‌ها که از خط‌القعرهای موضعی اراضی عبور خواهند کرد، می‌توان به تخلیه‌ای تقریباً معادل نصف آب‌های اضافه شده به سفره آب زیرزمینی در اثر آبیاری، دست یافت. بنابراین بخشی از اهداف احداث شبکه زهکشی (مثلاً 50 درصد) از طریق احداث زهکش‌هایی در خط‌القعرهای موضعی اراضی، تحقق می‌یابد. حتی در اراضی که شدت نیاز به زهکشی در آنها کم بوده و میزان کاهش مورد نیاز در سطح ایستابی قابل توجه نیست، این زهکش‌ها، می‌تواند جایگزین یک شبکه زهکشی متراکم، شده و محدودیت زهکشی اراضی را تا حدود زیادی مرتفع کند. در شبکه زهکشی دشت مغان، پس از مشاهده تخلیه جمع‌کننده‌ها، بخشی از اراضی از شمول احداث لترال‌ها خارج گردید و در بقیه اراضی عمق نصب لترال‌ها کاهش داده شد.

۲-۴- ضریب زهکشی تعدیل شده

با تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها از زه‌آب اراضی، بخشی از ضریب زهکشی، بدون اینکه توسط لترال‌ها جذب و به داخل جمع‌کننده‌ها تخلیه شود، توسط لوله‌های جمع‌کننده جذب می‌شود. در این شرایط لترال‌ها میزان آب کمتری را نسبت به ضریب زهکشی پیش‌بینی شده، جمع‌آوری می‌کنند. بنابراین لترال‌ها می‌تواند با ضریب زهکشی کمتری طراحی شوند.

با توجه به نسبت تخلیه جمع‌کننده‌ها به ضریب زهکشی لترال‌ها به میزان ۳۳ درصد، در صورتی که در قدم اول یک محاسبه ساده مورد نظر باشد، می‌توان گفت که ضریب زهکشی لترال‌ها می‌تواند به میزان ۳۳ درصد کاهش داده شود. به عبارت دیگر ضریب زهکشی طراحی لترال‌ها به جای $\frac{2}{8}$ میلیمتر در روز به رقم $\frac{1}{88}$ میلیمتر در روز می‌رسد.

این محاسبه، صورت ساده شده موضوع است. به دلیل اینکه در آن، میزان تخلیه قبل و بعد از احداث لترال‌ها یکسان فرض شده است. در حالی که در عمل پس از احداث لترال‌ها، متوسط سطح ایستابی در اراضی افت پیدا می‌کند. لذا میزان تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها نیز تحت تأثیر تقلیل بار هیدرولیکی، کاهش می‌یابد.

تعیین میزان دقیق تفاوت تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها، نیازمند انجام اندازه‌گیری‌ها و آزمایش‌ها، به ویژه در مزارع آزمایشی که کلیه عوامل مؤثر تحت کنترل و قابل اندازه‌گیری هستند، می‌باشد. با این حال براساس اندازه‌گیری‌های سطح ایستابی و نیز اطلاعات موجود در کارگاه عملیات اجرایی، میزان آن بگونه‌ای، برآورد شده است.

پس از احداث جمع‌کننده‌ها، متوسط عمق سطح ایستابی در نواحی‌ای که لترال‌ها نصب شده‌اند، $\frac{1}{13}$ متر بود که با احداث لترال‌ها افزایش یافته و براساس نتایج اندازه‌گیری سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها به $\frac{1}{50}$ متر رسید. بر این اساس بار هیدرولیکی روی جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها با در نظر گرفتن عمق متوسط نصب جمع‌کننده‌ها، $\frac{2}{57}$ متر، به ترتیب $\frac{1}{44}$ و $\frac{1}{07}$ متر خواهد بود. چنانچه رابطه دونان را برای جمع‌کننده‌ها در دو حالت قبل و بعد از احداث لترال‌ها حل کنیم از

تقسیم رابطه بدست آمده در دو حالت، با حذف عوامل ثابت رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{b_1^2 - a^2}{b_2^2 - a^2} \quad (V)$$

که در آن:

q_1 و q_2 ، میزان تخلیه در دو حالت قبل و بعد از نصب لترال‌ها بر حسب متر در روز b_1 و b_2 ، فاصله بین حداکثر سطح ایستابی تا لایه محدودکننده در دو حالت قبل و بعد از نصب لترال‌ها بر حسب متر، a ، فاصله بین محل نصب جمع‌کننده تا لایه محدودکننده که در دو حالت یکسان است بر حسب متر است.

با توجه به متوسط عمق نصب جمع‌کننده‌ها، معادل ۲/۵۷ متر و در نظر گرفتن عمق لایه محدودکننده معادل ۶ متر، پارامترهای رابطه فوق در دو حالت به شرح جدول ۴ خواهند بود.

جدول ۴- مقادیر پارامترهای رابطه دونان در دو حالت قبل و بعد از احداث لترال‌ها

(عمق لایه محدودکننده ۶ متر)

شرایط	a (متر)	بار هیدرولیکی (متر)	b (متر)
قبل از احداث لترال‌ها	۳/۴۳	۱/۴۴	۴/۸۷
بعد از احداث لترال‌ها	۳/۴۳	۱/۰۷	۴/۵۰

با جایگذاری ارقام فوق در رابطه (V)، میزان نسبت تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها معادل ۰/۷۱ حاصل می‌شود، که به معنی کاهش تخلیه به میزان ۲۹ درصد است. در صورتی که عمق لایه محدودکننده در ۳ حالت ۵، ۷ و ۱۰ متری نیز در نظر گرفته شود، نسبت یاد شده به ترتیب ۰/۷۰، ۰/۷۲ و ۰/۷۳ خواهد بود که نشان‌دهنده حساس نبودن رابطه (V) به تغییرات عمق لایه محدودکننده است.

در هر صورت با توجه به حدود تقریب‌های بکار رفته در اندازه‌گیری‌ها و محاسبات، نسبت ۰/۷۰ تا ۰/۷۵ برای تغییر تخلیه جمع‌کننده‌ها در دو حالت قبل و بعد از احداث جمع‌کننده‌ها می‌تواند قابل قبول باشد. در این صورت، میزان تخلیه

جمع‌کننده‌ها از رقم ۰/۹۲ میلی‌متر در روز برای قبل از احداث لترال‌ها، به حدود ۰/۶۴ تا ۰/۶۹ میلی‌متر در روز، برای بعد از احداث آنها می‌رسد. با کسر این مقادیر از ضریب زهکشی لترال‌ها، میزان ضریب زهکشی ۲/۱۱ تا ۲/۱۶ میلی‌متر در روز (به جای ۲/۸ میلی‌متر در روز) حاصل می‌شود. به این ترتیب تعدیل ضریب زهکشی براساس نتایج این تحقیق از طریق اعمال تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها، منتج به کاهش این ضریب به میزان ۲۵ تا ۳۰ درصد خواهد شد.

۳-۴- تأثیر تعدیل ضریب زهکشی بر فواصل زهکش‌ها

در روابط ریاضی تعیین فواصل زهکش‌ها (از جمله روابط هوخهات و دونان)، فواصل زهکش‌ها با جذر ضریب زهکشی نسبت معکوس دارد، به عبارت دیگر:

$$L \approx f(q^{-1/2}) \quad (۸)$$

به این ترتیب کاهش ضریب زهکشی به میزان ۲۵ تا ۳۰ درصد، موجب افزایش فواصل زهکش‌ها به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد می‌گردد. با توجه به اینکه متوسط فواصل لترال‌های اجرا شده در اراضی محل تحقیق حدود ۱۵۰ متر است، با اعمال ضرایب تصحیح فوق‌الذکر، متوسط فواصل می‌تواند به ۱۷۲ تا ۱۸۰ متر افزایش پیدا کند.

لازم به ذکر است که تغییر فواصل لترال‌ها به ازای تغییر ضریب زهکشی، رابطه کاملاً خطی ندارد. با توجه به وجود پارامتر عمق معادل و رابطه آن با فواصل لترال‌ها، به ویژه در روابط غیرماندگار، محاسبات دقیق و حل عددی معادلات، ممکن است تفاوت‌هایی را با آنچه که ذکر شد نشان دهد، لیکن با عنایت به میزان دقت بکار رفته در تعیین پارامترهای مختلف طراحی، در این تحقیق حدود ارقام فوق مورد قبول قرار گرفته است.

۴-۴- شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها

با توجه به تخلیه زه‌آب توسط جمع‌کننده‌ها، از نظر تأثیر بر روی سطح ایستابی، این جمع‌کننده‌ها مثل لترال عمل کرده و سطح ایستابی مجاور را تا اندازه‌ای پایین می‌برند. نتایج اندازه‌گیری سطح ایستابی مجاور جمع‌کننده‌های 1-1(L)-2 و FD-6

و FD7-6 در نمودار ۱ نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود، سطح ایستابی تا فاصله حدود ۷۰ متری از محور جمع‌کننده تحت تأثیر تخلیه جمع‌کننده، شروع به افت کرده است. به این ترتیب شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها از طرفین حدود ۱۴۰ متر خواهد بود. البته جمع‌کننده‌ها از طریق تخلیه بخشی از آب پروفیل خاک با تأثیرگذاری بر موازنه مؤلفه‌های بیلان سفره سطحی، متوسط سطح ایستابی اراضی را کاهش می‌دهند. لیکن میزان شعاع تأثیر یاد شده، حداکثر فاصله تغییر شکل سطح ایستابی نسبت به وضعیت اولیه، تحت تأثیر تخلیه جمع‌کننده است. این تغییر شکل مبین گرایان هیدرولیک آب زیرزمینی برای جریان به سمت جمع‌کننده است.

۵-۴- وضعیت سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها

وضعیت سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌های مورد آزمایش در نمودار ۲ نشان داده شده است. نتایج اندازه‌گیری‌ها مبین این است که عمق سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها و در وسط آنها $1/55$ و $1/48$ متر بوده است. عمق نصب لترال‌ها $1/90$ متر است که سطح ایستابی در مجاورت آنها تا $1/90$ متر افت کرده است. در طراحی لترال‌ها عمق کنترل سطح ایستابی $0/8$ تا 1 متر منظور شده است. این رقم با در نظر گرفتن کشت محصول مبنا (پنبه) در تمامی طول دو زهکش مجاور و برای فصل حداکثر مصرف بلافاصله پس از آبیاری، تعیین شده است.

مقایسه عمق کنترل سطح ایستابی برای طراحی لترال‌ها و عمق اندازه‌گیری شده، نشان‌دهنده پایین بودن سطح ایستابی واقعی، نسبت به شرایط طراحی است. این امر مبین تخلیه بیشتر زهکش‌ها یا تغذیه کمتر سفره است.

در هر صورت اگر چه اندازه‌گیری‌های بعمل آمده با توجه به هدف اصلی این تحقیق، تنها در یک مرحله و بدون منظور کردن زمان آبیاری اراضی یا کشت محصولات مورد نظر به انجام رسیده است، با این حال با توجه به سایر نتایج این تحقیق، انتظار می‌رود سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها بواسطه منظور نشدن تخلیه جمع‌کننده‌ها، عمیق‌تر از سطح ایستابی طراحی باشد.

همچنین، با توجه به ناهمواری‌های سطح اراضی منطقه تحقیق و به تبع آن تغییرات عمق سطح ایستابی در نواحی مختلف، نباید انتظار داشت که پس از احداث شبکه زهکشی، سطح ایستابی در تمامی نواحی منطقه طرح در عمق یکسانی قرار گرفته و در حد عمق طراحی باشد. در نواحی‌ای که سطح ایستابی، به دلیل بالاتر بودن تر از سطح زمین در آنها، تا حدودی پایین‌تر از سایر نواحی است، سطح ایستابی کنترل شده نیز، پایین‌تر از سایر اراضی خواهد بود.

نمودار - ۱ شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها

نمودار ۲- تغییرات سطح ایستابی در حد فاصل لترالها

۵ - نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه گیری

الف - جمع‌کننده‌ها در محل تحقیق قبل از احداث لترال‌ها ۰/۹۲ میلیمتر در روز از زه‌آب اراضی را تخلیه می‌کردند. پس از احداث لترال‌ها، میزان تخلیه به ۲/۰۴ میلیمتر در روز رسید که معادل با ضریب زهکشی الگوی کشت منطقه بود. میزان تخلیه جمع‌کننده‌ها در مقایسه با ضریب زهکشی الگوی کشت، نشان‌دهنده تخلیه‌ای در حدود نصف ضریب زهکشی یاد شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بخش قابل توجهی از زه‌آب اراضی در صورت احداث نشدن لترال‌ها، می‌تواند توسط جمع‌کننده‌ها تخلیه شده و بخشی از مشکل زهکشی اراضی از این طریق رفع شود.

ب - ضریب زهکشی تعدیل شده با اعمال تخلیه جمع‌کننده‌ها، به میزان ۲۵ تا ۳۰ درصد نسبت به ضریب زهکشی طراحی، کمتر است.

ج - تعدیل ضریب زهکشی به طریق فوق، فواصل لترال‌ها را به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد که موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی است.

د - جمع‌کننده‌ها در محل انجام تحقیق، سطح ایستابی را در نواری به عرض ۱۴۰ متر در طول جمع‌کننده، مستقیماً تحت تأثیر قرار داده و موجب افت مشهود آن شده است.

ه- عمق سطح ایستابی از سطح زمین در نقطه وسط حد فاصل لترال‌های آزمایش شده حدود ۱/۵ متر بود که پایین‌تر از عمق مورد نظر طراحی است. یکی از دلایل بیشتر بودن عمق سطح ایستابی، مستقر نبودن کشت مورد نظر طرح در تمامی طول یک لترال است که این امر با توجه به خصوصی بودن اراضی و استقرار الگوی کشت متنوع در منطقه، از کنترل طراح خارج بوده و به منظور حفظ کارایی طرح، تحت شرایط گوناگون بهره‌برداری از اراضی، قابل توجه است.

۵-۲- پیشنهادها

الف - پیشنهاد می‌شود در طرح‌های زهکشی با وسعت زیاد (مثلاً بیشتر از ۵۰۰۰ هکتار) مبانی طراحی الزاماً از مزارع آزمایشی کسب شود. در طرح‌های با وسعت

کمتر نیز، بسته به شرایط طرح و با نظر مهندسان طراح می‌توان از احداث مزارع آزمایشی بهره گرفت. در این زمینه بایستی مقرراتی وضع شود که مجریان طرح و دستگاه‌های اجرایی را ملزم کند.

ب - هر یک از شبکه‌های زهکشی کشورمان به عنوان یک مزرعه آزمایشی وسیع می‌تواند برای انجام تحقیقات بیشتر و آزمون روش‌های متداول برای طراحی و اجرای زهکش‌ها مورد استفاده قرار گیرد. از نتایج حاصل از این تحقیقات، برای بهینه‌سازی مبانی طراحی طرح‌های جدید یا بهسازی طرح‌های موجود می‌توان استفاده کرد (نظیر تجربه پاکستان و مصر).

ج - استاندارد کردن روش‌ها و معیارهای طراحی متناسب با شرایط کشور ما، متضمن دقت، صحت و یکنواختی طرح‌ها و امکان ارزیابی و کنترل و مقایسه عملکردها است.

د - در طرح‌های زهکشی، علاوه بر توجه به زهکشی طبیعی که میزان آن می‌تواند قابل توجه باشد، به تخلیه جمع‌کننده‌ها و زهکش‌های اصلی نیز توجه گردد. تخلیه مستقیم اینگونه زهکش‌ها، قابل ملاحظه است و می‌تواند در شرایطی، مشکل زهکشی اراضی را کاملاً برطرف کرده و یا تخفیف دهد.

ه - با توجه به اینکه هر طرح زهکشی با فرض شرایط معینی از بهره‌برداری از اراضی و منابع آب و کشت محصولات معین برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود، پایدار شدن سیاست‌های کلان توسعه و برنامه‌ها، اطمینان خاطر طراحان از شرایط آینده را افزایش داده و موجب می‌گردد که تنها حد معقولی از ضرایب اطمینان بر روی طرح‌ها اعمال شده و طرح‌های اقتصادی‌تر تهیه شود.

و - با توجه به اجرای مرحله‌ای و قطعه به قطعه شبکه‌های زهکشی، انجام بررسی‌ها و ارزیابی عملکرد شبکه در قطعات اولیه، نتایج سودمندی برای اجرای قطعات بعدی می‌تواند در پی داشته باشد؛ آنچنان که در دشت مغان با ملاحظه تخلیه جمع‌کننده‌ها در قطعه اول، اصلاحاتی در طرح اجرایی قطعات بعدی بعمل آمد. این امر در چارچوب نظارت مؤلف می‌تواند گنجانیده شود.

منابع

- [1] F.A.O. 1986. *Drainage design factors*, Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage paper, No. 38, Rome.
- [۲] علیزاده، ا. ۱۳۷۴. زهکشی اراضی، طرح و برنامه ریزی سیستم‌های زهکشی کشاورزی (ترجمه)، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۹۶، مشهد.
- [۳] شمسایی، ا. ۱۳۷۲. هیدرولیک جریان آب در ممیط‌های متخلخل، جلد اول، مهندسی زهکشی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- [۴] اکرم، م. ۱۳۷۸. «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران»، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۲۳، تهران.
- [5] USDA. 1971. *Drainage of agricultural land*, Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Section 16, Washington D.C.
- [6] United States Department of Interior, Bureau of Reclamation. 1993. *Drainage manual* (Revised Reprint), United States Government Printing Office, Washington D.C.
- [۷] جعفری، ا. (مترجم). ۱۳۷۴. «طراحی زهکش‌های لوله‌ای زیرزمینی در مزرعه در پاکستان»، نشریه سالانه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- [8] Drainage Reserch Institute (DRI). 1989. *Land drainage in Egypt*, Nubar Printing House, Cairo, Egypt.
- [۹] مداح، م. ۱۳۷۸. «مشکلات اجرایی زهکش‌های زیرزمینی در طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی»، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرایی شبکه‌های زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۲۳، تهران.

- [۱۰] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۷۳. «مسائل زهکشی و شوری در ایران»، مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- [۱۱] لطفی، ا. ۱۳۷۸. «اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان»، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۲۳، تهران.
- [۱۲] مهندسین مشاور یکم. ۱۳۷۵. طرح توسعه کشت و صنعت اکالیپتوس در شمال فرمشهر، جلد هفتم، مطالعات زهکشی، تهران.
- [۱۳] آذری، ا. ۱۳۷۹. «تأثیر تفلیه زهکش‌های جمع‌کننده جاذب بر ضریب زهکشی در شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

ارزیابی پارامترهای طراحی زهکشی زیرزمینی در طرح زرينه رود^(۱)

مصطفی وطن زاده^(۲)، محمداقبر نحوی^(۳)، خلیل رودکی^(۴)

۱- مقدمه

توسعه اراضی زهدار و به دنبال آن شوری و سدیمی شدن منابع خاک، پس از اجرای طرح‌های وسیع آبیاری در چند دهه گذشته، در بسیاری از کشورها، همراه با ضرورت بهره‌برداری از منابع آب و خاک شور و نسبتاً شور، مسئولین، برنامه‌ریزان و محققان را به پرداختن جدی به مسائل مزبور در زمینه‌های تحقیقاتی، برنامه‌ریزی، اجرایی و بهره‌برداری ناگزیر ساخته است. کشورهایی نظیر آمریکا، شوروی سابق، هندوستان، پاکستان، مصر و ... از این جمله‌اند.

قسمت وسیعی از اراضی کشور ما، به دلیل شرایط اقلیمی، بارندگی ناچیز و تبخیر زیاد از یک طرف و اعمال آبیاری با مدیریت نامناسب از طرف دیگر، در معرض شوری و ماندابی شدن می‌باشند. هر چند در خصوص وسعت خاک‌های شور یا سدیمی و ماندابی در ایران، گزارشات مختلفی ارائه شده است، لیکن در اکثر گزارشات مزبور، ذکر شده که حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار از اراضی کشور با درجات مختلف مسائل شوری، سدیمی و ماندابی بودن مواجه می‌باشند. از طرف دیگر بخش عظیمی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی ایران شور و یا نسبتاً شور بوده که بهره‌برداری بهینه از آنها صورت نمی‌گیرد. به علاوه به طور معمول، اغلب آب‌های کاربردی در کشاورزی به تناسب نوع و منبع دارای مقادیر متفاوتی از املاح محلول می‌باشند که در صورت بکارگیری آنها بدون اعمال یک مدیریت صحیح در آبیاری اراضی، موجبات شوری و ماندابی بودن اراضی فراهم می‌گردد.

۱- ارائه شده در «دومین کارگاه فنی زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران - ۱۳۸۰

۲-۳-۴- کارشناسان شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

با توجه به آنچه که در بالا بیان شد، توجه به مسائل زهکشی و برنامه‌ریزی به منظور پژوهش‌های علمی و تحقیقات مزرعه‌ای از موضوعاتی است که امروزه ضرورت آن بیش از پیش احساس می‌گردد. متأسفانه علیرغم پیشرفت‌های نظری بسیاری که در امر زهکشی انجام شده است، در بسیاری از موارد، تنها توجه به مسائل تئوری نمی‌تواند پاسخگوی نیازها باشد. از علل این امر می‌توان به مسائل زیر اشاره کرد:

- کمی تعداد آزمایش‌های اندازه‌گیری هدایت هیدرولیک خاک
 - دشوار بودن تشخیص دقیق لایه محدودکننده
 - وجود زهکشی طبیعی در خاک و دشوار بودن برآورد آن و وجود عدسی‌های شنی در خاک که آب را به سرعت انتقال می‌دهند.
 - دشوار بودن تخمین صحیح ضریب زهکشی و آبدهی ویژه.
- بطوری که علیرغم همه دقت‌هایی که در مباحث تئوری در مطالعات زهکشی طرح‌ها در سطح کشور اعمال می‌گردد، در عمل پس از احداث شبکه زهکشی، نتایج حاصله با برآوردهای اولیه متفاوت و گاه مغایر می‌باشد. از این رو، بهترین راه حل فائق آمدن به مشکلات یاد شده، احداث مزارع آزمایشی است که امید است به صورت جدی مورد توجه مسئولین و دست‌اندرکاران مسائل آب و خاک قرار گیرد.

۲- ضرورت احداث مزارع آزمایشی

جهت طراحی زهکش‌ها، پارامترهای طراحی شامل هدایت هیدرولیک خاک، عمق لایه محدودکننده، ضریب زهکشی زیرزمینی، عمق مطلوب سطح ایستابی و عمق نصب زهکش‌ها تعیین می‌شود. متناسب با برنامه آبیاری محصولات الگوی کشت و همچنین برنامه آبیاری گیاه پرمصرف و با استفاده از فرمول‌های معمول در جریانات همگام و غیرهمگام، فواصل مناسب نصب زهکش‌ها برآورد می‌گردد. به علاوه متناسب با وضعیت دانه‌بندی خاک اطراف زهکش‌ها، پوشش مناسب از نظر فنی و اقتصادی توصیه می‌گردد. نوع و جنس لوله‌های زهکش نیز از مواردی است که در

مبحث طراحی مورد توجه قرار می‌گیرد. ذیلاً به محدودیت‌ها و مشکلات کلی تعیین پارامترهای فوق‌الذکر اشاره می‌گردد.

۲-۱- هدایت هیدرولیک خاک

از آنجا که تعیین پارامترهایی نظیر هدایت هیدرولیک و وضعیت لایه محدودکننده به صورت نقطه‌ای مورد مطالعه قرار می‌گیرد و به دلیل اینکه خصوصیات فیزیکی و حتی شیمیایی خاک‌ها، از نقطه‌ای به نقطه دیگر اغلب دچار تغییرات زیاد است، لذا برای بررسی دقیق‌تر پارامترهای فوق، معمولاً احتیاج به تعداد اندازه‌گیری‌های زیاد می‌باشد. در مراجع معتبر، گزارشات بسیاری در مورد تغییرات خصوصیات فیزیکی خاک و مشکل مرتبط کردن نتایج اندازه‌گیری نقطه‌ای به منطقه‌ای گزارش شده‌اند. از مشکلات اساسی که طراح زهکش با آن روبرو خواهد بود، این است که خاکها دارای تغییرات بسیار زیاد و گاه غیرقابل پیش‌بینی هستند. در واقع خاک از مهم‌ترین عوامل در عملکرد سیستم زهکشی است و به همین جهت تا زمانی که شناخت صحیحی در شرایط مختلف، از رفتار خاک نداشته باشیم، نمی‌توانیم عملکرد یک طرح زهکشی را با اطمینان پیش‌بینی کنیم.

بطور کلی استفاده از اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای اغلب برای تعریف و بیان خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌ها به قدر کافی کفایت نمی‌کند و همواره این سؤال برای طراحان مطرح است که آیا اعماق و فواصل زهکش‌ها در مرحله طراحی، واقعاً سطح مطلوب را به وجود خواهند آورد؟

به نکات حائز اهمیت دیگری، نیز غیر از دقیق بودن اطلاعات کسب شده در اندازه‌گیری‌های صحرائی، می‌توان اشاره نمود. نیروی انسانی، زمان و میزان اعتبارات جهت انجام عملیات صحرائی زهکشی عمقی، این اجازه را نداده است که اندازه‌گیری‌ها از دقت کافی برخوردار باشند و یا اینکه بتوان با افزایش تراکم شبکه‌های مشاهده‌ای و فراوانی اندازه‌گیری‌ها، نتایج قابل توجیه از نظر آماری را به دست آورد.

یکی دیگر از مشکلات موجود در طرح‌های مطالعاتی در سطح کشور، تعیین پارامترهای هیدرولیکی خاک درحالت غیراشباع و تبدیل آن به شرایط اشباع می‌باشد.

متأسفانه تاکنون معیار مشخص و قانون‌مندی جهت ضریب اصلاحی مربوطه وجود ندارد. عواملی نظیر شرایط و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت خاک‌ها، خواص شیمیایی آب کاربردی، نوع ابزار و وسایل مورد استفاده، تبحر و دقت کارشناسان و تکنسین‌های آزمایش‌کننده، همواره نتایج متفاوتی را حاصل نموده است که به راحتی نمی‌توان آن را برای شرایط آینده طرح، تعمیم داد.

۲-۲- عمق لایه محدودکننده

جهت تعیین عمق لایه محدودکننده در مراجع، معیارهایی ارائه شده است. تعدادی از معیارهای ارائه شده، جنبه کمی و اندازه‌گیری داشته و تعدادی نیز وجود و یا عدم وجود لایه محدودکننده را با معیارهای کیفی بیان نموده‌اند. تجربیات حاصل از انجام مطالعات صحرایی زهکشی عمقی در سطح کشور تاکنون نشان داده است که این موضوع عمدتاً با معیارهای کیفی مورد تشخیص و سنجش قرار گرفته است. به دلیل شرایط فیزیکی متفاوت لایه‌های خاک و با عنایت به اینکه این تشخیص جنبه سلیقه‌ای دارد، متناسب با دیدگاه‌های کارشناسی، در طرح‌های مختلف مطالعاتی، استنباط‌های متفاوتی حاصل شده است، که بالطبع در تعیین فواصل زهکش‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته است.

۲-۳- ضریب زهکشی زیرزمینی

به دلیل مشکل برآورد میزان نفوذ عمقی ناشی از آبیاری و برآورد زهکشی طبیعی، تخمین ضریب زهکشی دشوار است به طوریکه در بسیاری از موارد در گزارشات مطالعاتی مشاهده می‌گردد که این تخمین از میزان واقعی بیشتر است که این موضوع نیز به دلیل تأثیر در تعیین فاصله زهکش‌ها نیاز به اندازه‌گیری در مزارع آزمایشی دارد.

۲-۴- معادلات زهکشی

معادلات زهکشی که در طرح‌های زهکشی مورد استناد و استفاده قرار می‌گیرند مدل‌های بسیار ساده‌ای از شرایط پیچیده واقعی هستند. لایه آبدار ایجادکننده جریان

آب زیرزمینی، هموژن یا متشکل از دو لایه کاملاً مجزا، به گونه‌ای که در فرمول‌های فوق فرض می‌گردد، نیست. در دشت‌های آبرفتی، خاک‌ها به صورت مطبق (لایه به لایه) هستند و هدایت هیدرولیک آنها به طور قابل ملاحظه‌ای در دو جهت افقی و عمودی تغییر می‌کند. میزان نفوذپذیری و خلل و فرج قابل زهکشی در خاک‌های دارای بافت و ساختمان مختلف، حتی داخل یک مزرعه نیز تغییر می‌کند. منظور نمودن این تغییرات، در فرمول‌های مربوطه عملاً قابل اعمال نبوده و نتایج حاصله ممکن است با خطا توأم گردد.

۲-۵- پوشش اطراف لوله‌های زهکش

امروزه در اکثر طرح‌های زهکشی استفاده از پوشش، معمول و متداول است. این پوشش ممکن است از مواد مصنوعی (نظیر پشم شیشه) و یا مواد معدنی (شن و ماسه) انتخاب گردد. وجود و یا عدم وجود مصالح قرصه در نزدیکی محل اجرای طرح‌ها، فاصله حمل، وضعیت دانه‌بندی خاک اطراف لوله‌های زهکش، یکنواختی و یا عدم یکنواختی خاک در مسیر لوله‌های زهکش، معیارهای متفاوتی را طلب می‌کند. در واقع تناسب بین دانه‌بندی خاک مجاور زهکش با مصالح پوششی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. معیارهای دانه‌بندی پیشنهاد شده توسط منابع مختلف، تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد. به هر حال این ممکن است بدین علت باشد که معیارهای ارائه شده دارای تغییرات مهمی نبوده و در یک دامنه قابل قبولی قرار می‌گیرند.

یکی از مشکلات این است که تحقیقات بر روی پوشش‌ها در آزمایشگاه نمی‌تواند نتیجه مطلوبی را عاید نماید، زیرا عملکرد آنها باید در مدت زمان طولانی مورد بررسی و قضاوت قرار گیرد. اجتناب‌ناپذیری غیریکنواختی خاک و تأثیرات عوامل مختلف در مزرعه باعث می‌گردد که نتوان تفسیر دقیقی از عملکرد این پوشش‌ها ارائه کرد. استفاده از مصالح دانه‌بندی شده از نظر فنی، ترجیح داده می‌شود؛ زیرا آنها را می‌توان متناسب با خاک‌های مختلف طراحی کرد. از طرف دیگر، تهیه و حمل این مصالح و غربال کردن آنها، نیاز به هزینه‌های زیاد دارد. پوشش‌های مصنوعی دارای مزایای زیادی هستند. اما آنچنان که مصالح شن و ماسه دانه‌بندی شده با خاک مطابقت دارند، این پوشش‌ها ندارند. در این ارتباط نیاز به بررسی‌های مزرعه‌ای است

تا عملکرد پوشش‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار داد. علاوه بر این، در مزارع آزمایشی می‌توان رسوبات آهن، کربنات و ... را نیز مورد بررسی قرار داد؛ چیزی که به آسانی قابل پیش‌بینی برای طراح نیست.

۲-۶- شوری

در مزارع آزمایشی با بررسی نمونه‌های خاک قبل و بعد از اعمال آبیاری می‌توان نتایج حاصله را با آنچه در مطالعات آبخش‌های (توسط کرت‌های بسته یا رینگ مضاعف) بدست آمده است مقایسه نمود. به علاوه، با اندازه‌گیری کیفیت آب خروجی از زهکش‌ها و نحوه تغییرات آن، می‌توان تخمینی از راندمان‌های آبخش‌های را حاصل نمود.

۳- سوابق اجرایی مزارع آزمایشی در سطح کشور

بررسی سوابق موجود نشان می‌دهد که مزارع آزمایشی که هدف از اجرای آنها، تجزیه و تحلیل اطلاعات مرتبط با پارامترهای طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی است، عمدتاً در استان خوزستان متمرکز بوده‌اند. ذکر این نکته ضروری است که به علت عدم توأم بودن بررسی‌ها و توجه به اهمیت به سزایی که نتایج این تحقیقات در طرح‌های اجرایی دارد، متأسفانه بهای لازم به اجرای این مزارع داده نشده است. مشکلات تملک اراضی، نحوه تأمین آب، عدم پیش‌بینی بودجه و سازمان مشخص جهت اجرا و بهره‌برداری از مزارع مورد نظر، و کلاً عدم اعتقاد سازماندهی شده و گاه اضطرارهای اجرایی، جهت اجرای طرحها، باعث گردیده است که عملاً اهداف مورد نظر از اجرای این مزارع یا بدرستی تکمیل نگردد و یا اینکه نتیجه مشخصی عاید نشود.

اهم مسائل و مشکلاتی که باعث عدم نتیجه‌گیری مطمئن و مشخص از این آزمایشات می‌گردد، به شرح زیر خلاصه می‌شود:

- اهمیت کافی ندادن به لزوم اجرای مزارع آزمایشی در شرح خدمات ارائه شده به مشاورین.
- بهای کافی ندادن به لزوم اجرای مزارع آزمایشی و الزام مشاور به ارائه طرح مزرعه آزمایشی در حین تصویب مطالعات.

- عدم اعتقاد عملی مشاور و کارفرما به لزوم اجرای این مزارع، کمبود وقت، در نظر نگرفتن اعتبارات کافی، نبودن یک سازمان مشخص و پیگیر در دوره بهره‌برداری، عدم نگرش دیدگاه بلندمدت و نقش الگویی این مزارع در آینده طرح‌های توسعه، مشکلات تأمین آب این اراضی در کوتاه‌مدت، مشکلات تملک اراضی و ... را از دلایل عمده این عدم اعتقاد می‌توان نام برد.
- عدم ارزیابی طرح‌های اجرا شده در طول دوره بهره‌برداری به منظور کنترل عملکرد آنها با شرایط پیش‌بینی شده در طرح.
- طراحی مزرعه توسط مشاور و انجام اندازه‌گیری‌ها توسط کارفرما و یا گروه دیگری که عمدتاً هیچگونه ارتباط سیستمی و کنترلی با یکدیگر نداشته و لذا در صورت بروز هر گونه اشکال و اشتباه به دلیل گذشت زمان، امکان کنترل و بازبینی محاسبات عملی نبوده است.
- تفکیک وظایف بین وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی سبب شده است که در طرح‌های توسعه شبکه‌های آبیاری توجه به مسائل مزرعه آزمایشی در اولویت‌های بعدی قرار گرفته و موارد، عمدتاً به صورت حل نشده باقی بماند.

۴- طرح آزمایش

۴-۱- نحوه انتخاب محل مزرعه آزمایشی زهکشی

محل و طرح مزرعه آزمایشی زهکشی باید شرایطی داشته باشد که امکان بررسی‌های مورد لزوم و تعمیم آنها به کل محدوده طرح، مقدور و منطقی باشد. خاک محل آزمایش باید نماینده خاک‌هایی باشد که قرار است زهکشی شوند. به علاوه باید سطح آب زیرزمینی بالا باشد. محل آزمایش در تمام فصول سال باید قابل دسترس بوده و در محدوده آن عوارضی نظیر مسیل، رودخانه و چاه وجود نداشته باشد. فشار آرتزین نداشته و قابل کشت برای گیاه باشد.

۴-۲- ابعاد و اندازه مزرعه آزمایشی

اندازه این مزرعه به تعداد متغیرهای مورد آزمایش (تعداد، نوع لوله‌ها و مواد پوششی)، همچنین به فاصله زهکش‌ها، طول خطوط و تکرارهای محل آزمایش بستگی دارد. چنانچه صرفاً تعیین فاصله زهکش‌ها مدنظر باشد، حداقل تعداد خطوط

زهکش در هر واحد آزمایشی سه خط می‌باشد. به طوری که اندازه‌گیری فقط در مورد زهکش میانی انجام می‌گیرد. تعداد مناسب و مطلوب زهکشها ۴ یا ۵ خط می‌باشد که در این صورت می‌توان اندازه‌گیریها را در ۲ یا ۳ خط میانی انجام داد.

۴-۳- ابعاد قطعات

جریان آب به زهکشها در طول آن حتی‌الامکان باید یکنواخت باشد. به همین جهت عمل آبیاری نیز باید یکنواخت صورت گیرد. اثرات انتهایی قطعات، یعنی اثراتی که در نتیجه وضعیت خاص قطعات در انتها بوجود می‌آید، مثل وجود زهکش جمع‌کننده در عمق زیاد، سطح ایستابی پائین به علت عدم آبیاری و نشست به کانال‌های مجاور را می‌توان با افزایش نسبت طول به عرض قطعه، کاهش داد. حداقل این نسبت ۴ در نظر گرفته می‌شود. به طور مثال اگر عرض قطعه مورد آزمایش حدود ۵۰ متر باشد (متناسب با فاصله نصب زهکشها)، در اینصورت طول قطعه باید حداقل ۲۰۰ متر باشد.

۴-۴- عمق نصب زهکشها

عمق نصب زهکشها در اراضی تحت آبیاری و در مناطق خشک و نیمه‌خشک، معمولاً به طور متوسط نباید کمتر از ۱/۸ متر باشد، عمق کارگذاری ۲ متر معمولاً مناسب است.

۴-۵- انتخاب فاصله زهکشها

فواصل آزمایشی نصب زهکشها باید حداقل یک برابر بزرگتر و یا کوچکتر از فواصل بدست آمده از تئوری و برآوردهای محاسباتی باشد. به عنوان مثال اگر فواصل محاسبه شده یا برآورد شده ۵۰ متر باشد در این صورت فواصل آزمایشی ۲۵ تا ۱۰۰ متر مناسب خواهد بود.

۴-۶- نصب چاهکهای مشاهده‌ای

جهت بررسی وضعیت سطح آب زیرزمینی چاهکهای مشاهده‌ای مورد نیاز هستند. موقعیت این چاهکها به شرح زیر توصیه می‌گردد:

- در وسط بین دو خط زهکش به منظور اندازه‌گیری بار هیدرولیکی.
- نزدیک یک یا چند خط زهکش در هر واحد، جهت بررسی پروفیل سطح آب.

این چاهک‌ها در فاصله ۰/۴ تا ۰/۵ ، ۱/۵ و ۵ متری از زهکش‌ها قرار داده می‌شوند. اگر فاصله زهکش‌ها بیش از ۷۵ متر باشد، یک چاهک اضافی در فاصله ۱۰ تا ۱۵ متری خط زهکش نیز توصیه می‌گردد. در شکل ۱، یک نمونه از موقعیت نصب چاهک‌های مشاهده‌ای نشان داده شده است.

شکل ۱ - نمونه پراکنش چاهک‌های مشاهده‌ای در یک واحد آزمایشی

۵- روش آزمایش

الف - قبل از هر آبیاری، ارتفاع سطح ایستابی از چاهک‌های مشاهده‌ای یادداشت می‌شود.

ب - حجم آب ورودی به مزرعه اندازه‌گیری می‌گردد. حجم آب مورد استفاده باید به اندازه‌ای باشد، تا سبب بالا آمدن سطح آب تا نزدیک سطح زمین در وسط دو زهکش گردد.

ج - بعد از اتمام آبیاری ارتفاع سطوح آب در چاهک‌های مشاهده‌ای و جریان خروجی زهکش‌ها اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها در یک دوره افت سطح آب تا نزدیک عمق نصب زهکش‌ها ادامه می‌یابد.

د - پس از هر بار اندازه‌گیری، داده‌های جمع‌آوری شده، پردازش می‌گردند تا در صورت اشتباه و یا ابهام، در اندازه‌گیری‌های بعدی مورد دقت و توجه بیشتری قرار گیرند. این موضوع در مراحل بعدی و در پردازش نهایی داده‌ها، از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد.

ه - در صورتی که سطح آب در یک بار کاربرد آب، به اندازه کافی بالا نیاید و یا در حین افت سطح آب، بارندگی صورت گیرد. در این صورت لازم است، اندازه‌گیری رقوم سطح آب و جریان خروجی از زهکش‌ها در یک دوره طولانی‌تر صورت گیرد.

و - اثر تبخیر در موقعیت سطح آب حتی‌الامکان باید کاهش داده شود. و به همین جهت ترجیحاً لازم است که آزمایش در دوره‌ای از سال صورت گیرد که حداقل تبخیر در منطقه مورد آزمایش صورت می‌گیرد.

ز - نمونه‌های خاک قبل و بعد از آبیاری تا عمق حدود ۱/۵ متر تهیه و خواص شیمیایی آنها مقایسه می‌گردد. همچنین تهیه نمونه‌های آب از خروجی زهکش‌ها صورت می‌گیرد.

۶- فراوانی مشاهدات

فراوانی مشاهدات بستگی به شرایط محلی، مثل آب، هوا و خاک و همچنین به هدف آزمایش دارد. به همین جهت هیچ قاعده صریحی را نمی‌توان بدین منظور ارائه کرد. راهنمای زیر به عنوان معیار عمومی جهت فراوانی مشاهدات، پیشنهاد می‌گردد.

- یک اندازه‌گیری درست قبل از آبیاری.
 - یک اندازه‌گیری بعد از آبیاری.
 - حداقل سه اندازه‌گیری در روز بین دوره‌های با رقوم سطح ایستابی بالا، یعنی حداقل ۳ تا ۵ روز بعد از آبیاری، بطوری که مشاهدات در یک دوره ۲۴ ساعته، توزیع مناسبی داشته باشد.
- قابل ذکر است که اگر پروفیل سطح آب به خوبی معین باشد، در این صورت اندازه‌گیری‌ها، اکثراً روی چاهک‌هایی صورت می‌گیرد که در وسط دو زهکش واقع هستند، و بدینوسیله حجم کار کاهش می‌یابد.

۷- انجام آزمایشات مزرعه‌ای به صورت موردی (طرح زرینه‌رود)

جهت ارزیابی سیستم زهکشی مصنوعی در طرح‌های اجرا شده، پروژه زرینه‌رود به عنوان نمونه انتخاب شد. طی آن آزمایشات توصیه شده برای مزارع آزمایشی، مطابق روشی که بیان شده به مورد اجرا گذاشته شده است. ذیلاً نتیجه مطالعات و بررسی‌های به عمل آمده ارائه می‌گردد.

۷-۱- معرفی طرح

شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود در استان آذربایجان غربی و در جنوب دریاچه ارومیه واقع گردیده است. مساحت اراضی طرح مذکور حدود ۶۵۰۰۰ هکتار می‌باشد. شهر میاندوآب در مرکز دشت و در مسیر شاهراه تبریز، کرمانشاه و تبریز، ارومیه واقع گردیده است. در محدوده طرح زرینه‌رود مجموعاً ۹ واحد عمرانی وجود دارد. براساس نتایج بررسی‌ها و مطالعات انجام شده، اجرای زهکش‌های زیرزمینی به

وسعت ۶۴۰۰ هکتار در دستور کار قرار گرفته است. مجموع طول خطوط لوله‌های زهکش در اراضی مورد نظر ۷۳۰۰۰ متر پیش‌بینی شده است. به منظور کنترل عملکرد زهکش‌های مزبور، دو مزرعه H63 و H77 به ترتیب به وسعت‌های ۷ و ۹ هکتار انتخاب گردیدند، به طریقی که امکان کنترل عملکرد حداقل سه خط زهکش در هر مزرعه وجود داشته باشد. فواصل زهکش‌ها به ترتیب در مزارع فوق ۱۰۰ و ۶۰ متر اجرا شده است. نقشه ۱ موقعیت عمومی طرح و مزارع انتخابی را نشان می‌دهد. در انتخاب مزارع فوق، معیارهای ذیل مدنظر قرار گرفته است:

الف: امکان تأمین موقت آب مقدور باشد.

ب: امکان تخلیه زه‌آب‌های جمع‌آوری شده به بیرون از محدوده مزارع میسر باشد.

ج: از لحاظ مسائل خاک، مزارع مزبور نماینده خاک‌هایی باشند که بتوان نتایج حاصله را به کل طرح تعمیم داد.

د - امکان دسترسی به محل، مقدور و عملی باشد.

با توجه به معیارهای فوق مزارع مزبور انتخاب گردیدند. براساس مطالعات خاک‌شناسی انجام شده خاک‌های مزرعه H63 در کلاس IIIAW و مزرعه H77 در کلاس VAW طبقه‌بندی شده‌اند. بافت خاک مزارع، سنگین گزارش شده است.

۷-۲- روش انجام آزمایشات

الف: پس از انتخاب محل مزرعه، نسبت به تهیه، آماده‌سازی و کرت‌بندی مزارع اقدام گردید.

ب: ۴ حلقه چاهک مشاهده‌ای در حد واسط خطوط زهکش‌های زیرزمینی نصب شد و نمونه‌های خاک تا عمق حدود یک متری از سطح خاک برداشت گردید.

ج: با توجه به مشخصات کانال ورودی و مدت زمان آبیاری، حجم آب ورودی تعیین گردید.

د: پس از اعمال چند نوبت آبیاری، و کنترل رقوم سطح آب در چاهک‌های مشاهده‌ای، سعی گردید حجم آب ورودی در حدی باشد که سطح آب زیرزمینی به کمتر از ۰/۵ متری سطح زمین برسد.

هـ: رکوردگیری از سطح آب چاهک‌های مشاهده‌ای و اندازه‌گیری روزانه دبی خروجی از زهکش‌ها (روزی حداقل سه نوبت) به مدت ۸ روز پس از قطع آبیاری انجام گردید.

و: پس از بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و امکان اندازه‌گیری هدایت هیدرولیک خاک به روش چاهک، اندازه‌گیری مزبور در محل چاهک‌های مشاهده‌ای صورت پذیرفت.

ز: نمونه‌های خاک پس از اعمال آبیاری و نمونه‌های آب از محل خروجی زهکش‌ها تهیه و خواص شیمیایی آنها تعیین گردید. لازم به ذکر است که عمق کارگذاری لوله‌های زهکشی برابر ۱/۶ متر، فاصله نصب زهکش‌ها، ۱۰۰ متر و قطر لوله‌ها معادل ۱۲۵ میلی متر در نظر گرفته شده بود. طول متوسط زهکش‌ها حدود ۲۴۰ متر منظور شده بود.

۷-۳- نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها

به طوریکه اشاره شد، اطلاعات جمع‌آوری شده شامل اندازه‌گیری رقوم سطح آب در چاهک‌های مشاهده‌ای، میزان جریان خروجی از زهکش‌ها، اندازه‌گیری خواص شیمیایی نمونه‌های خاک و آب خروجی از زهکش‌ها می‌باشد. فرض بر این است که آب آبیاری تنها منبع تغذیه‌کننده آب تحت‌الارض بوده و هیچگونه فشار آرتزینی در لایه‌های عمیق‌تر به سطح زهکش‌ها وجود ندارد و آب دیگری نیز وارد محدوده آزمایش نمی‌گردد. همچنین هیچگونه افت سطح آب ناشی از زهکشی طبیعی وجود ندارد. تبخیر و تعرق نیز ناچیز در نظر گرفته شده است.

۷-۳-۱- معادلات جریان

شرایط ماندگار حالتی است که در آن طی یک زمان طولانی موقعیت سطح آب تغییر نکند، و جریان خروجی از زهکش‌ها نیز مقداری ثابت باشد. به بیان دیگر مخزن

آب زیرزمینی حداقل به مدت چند روز به مقدار مساوی با جریان ورودی و خروجی، تغذیه و تخلیه گردد. رسیدن به این شرایط در مواقعی که آب آبیاری توسط روش‌های سطحی بکار برده می‌شود، دشوار است. اطلاعات بدست آمده از آزمایشات مزرعه‌ای تحت شرایط ماندگار در روابط زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$q = \frac{8Kdh}{L^2} + \frac{4Kh^2}{L^2} \quad (1)$$

که در آن :

q - میزان تخلیه بر حسب متر در روز

h - بار هیدرولیکی یا ارتفاع سطح آب واقع در وسط فاصله زهکش‌ها بر حسب متر

K - هدایت هیدرولیک خاک بر حسب متر در روز

L - فواصل زهکش‌ها بر حسب متر

d - عمق معادل هوخهات که بستگی به فاصله D_0 (فاصله زهکش تا لایه غیرقابل نفوذ)، فاصله زهکش‌ها (L) و محیط تر شده (U) دارد.

اگر زهکش‌ها بر روی لایه محدودکننده قرار گرفته باشند، در اینصورت D_0 و در

نتیجه d برابر صفر خواهد شد و معادله (۱) بصورت زیر خواهد بود.

$$q = \frac{4Kh^2}{L^2} \quad (2)$$

این معادله بیانگر جریان آب از بالای زهکش‌ها خواهد بود.

معادله شماره (۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$q = Ah + Bh^2 \quad \text{یا} \quad \frac{q}{h} = A + Bh \quad (3)$$

که در آن :

$$A = \frac{8Kd}{L^2} \quad \text{و} \quad B = \frac{4K}{L^2} \quad (4)$$

لازم به ذکر است که در روابط فوق، فرض شده است که خاک هموژن و ایزوتروپ است، لذا اگر پروفیل خاک مرکب از دو لایه با هدایت هیدرولیک مختلف باشد و مرز لایه‌ها در سطح عمق نصب زهکش‌ها قرار گرفته باشد، معادله (۱) به

صورت زیر خواهد بود:

$$q = \frac{8K_2dh}{L^2} + \frac{4K_1h^2}{L^2} \quad (5)$$

که در آن K_1 و K_2 هدایت هیدرولیک خاک به ترتیب در بالا و زیر زهکش‌ها می‌باشد. در صورتی که مرز دو لایه در محل نصب زهکش‌ها قرار نگرفته باشد، معادله فوق را نمی‌توان بکار برد و می‌بایست از معادلات دیگری مانند معادله ارنست استفاده کرد.

معادله $q = Ah + Bh^2$ نشان می‌دهد که وقتی مقدار Bh^2 نسبت به Ah کوچک باشد، در این صورت رابطه $q-h$ به یک خط مستقیم نزدیک خواهد شد. چنین شرایطی دلالت بر این موضوع دارد که مقدار جریان وارد شده به خطوط زهکش‌ها، عمدتاً از زیر زهکش‌ها صورت می‌گیرد، اگر جریان از بالای زهکش کوچک و قابل صرف نظر کردن نباشد، در این صورت رابطه $q-h$ ، به صورت منحنی خواهد بود. هر چه سهم جریان ورودی از لایه‌های بالایی عمق نصب زهکش‌ها بیشتر باشد، درجه انحنای منحنی بیشتر خواهد بود.

از ترسیم q/h در مقابل h ، خط مستقیمی حاصل می‌شود که با محور افق زاویه α می‌سازد. لذا داریم: $\tan \alpha = 4k/L^2$. وقتی که نسبتاً کوچک باشد، خط q/h افقی خواهد بود.

۷-۳-۲- شرایط غیرماندگار

در صورتی که نوسانات سطح آب زیرزمینی در اثر آبیاری به اندازه کافی سریع باشد، در این صورت کاربرد فرمول‌های جریان غیرماندگار ترجیح داده می‌شود. این فرمول‌ها دارای این مزیت هستند که محاسبات با آنها می‌تواند هم براساس رقوم سطح آب و هم جریان خروجی زهکش باشد. بنابراین اگر یکی از این دو نوع اطلاعات غیرقابل اعتماد باشد، اطلاعات نوع دیگر جهت بررسی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ولی تأکید می‌شود که اطلاعات مربوط به سطح آب و جریان خروجی زهکش هر دو مورد بررسی قرار گیرد.

با انجام عمل آبیاری و تغذیه سفره آب زیرزمینی، سطح ایستابی بالا آمده و با قطع آبیاری، پائین افتادن سطح آب تدریجاً شروع می‌گردد. پس از گذشت مدت زمان t_A ، رابطه بین بار هیدرولیک و میزان تخلیه تقریباً ثابت خواهد شد.

معادلات ذیل در این مرحله از افت سطح ایستابی بکار برده می‌شود:

$$at = 2.3 \log \frac{ht_2}{ht_1} \quad (6)$$

که در آن:

t - مدت زمان مشاهده که طی آن سطح آب از موقعیت ht₂ به ht₁ می‌رسد

برحسب روز

ht₂ و ht₁ - بار هیدرولیکی مشاهداتی در زمان‌های t₂ و t₁ برحسب متر

a ضریب عکس‌العمل نامیده می‌شود که برابر است با $\frac{\pi^2 Kd}{\rho L^2}$ برحسب day⁻¹

که در آن:

K - هدایت هیدرولیک خاک بر حسب متر در روز

d - عمق معادل بر حسب متر

L - فواصل نصب زهکش‌ها بر حسب متر

ρ - آبدهی ویژه

همچنین با استفاده از معادله

$$at = 2.3 \log \frac{qt_2}{qt_1} \quad (7)$$

که در آن:

qt₂ و qt₁ - به ترتیب مقدار تخلیه در زمان‌های t₂ و t₁ می‌باشند (بقیه پارامترها قبلاً

تعریف شده‌اند) می‌توان نسبت به تعیین آبدهی ویژه اقدام نمود.

جمع‌بندی اطلاعات حاصله*

۱- طبق دستورالعمل‌های ارائه شده که در مباحث پیشین اشاره شد، نمودار q و h

نسبت به زمان ترسیم گردید. همچنین با ترسیم نمودار q و h نسبت به زمان بر روی

کاغذ نیمه لگاریتمی، پارامترهای مربوطه در روش معادلات غیرماندگار تعیین گردید

(نمودارهای ۱ تا ۳).

* نتایج مربوط به مزرعه شماره H63 می‌باشد و اطلاعات مرتبط با مزرعه H77 در دست تهیه است.

۲- با استفاده از نتایج حاصل از نمودارهای فوق و روابط ذیل مقدار Kd (ضریب قابلیت انتقال) برآورد گردید.

$$Kd = \frac{q}{h} \times \frac{L^2}{2\pi}$$

$$Kd = 0.01 \times \frac{10000}{2\pi} = 15.9 m^2 / day$$

بررسی نمودار ۱ (نسبت بین q و t) بیانگر این مطلب است که قسمت عمده جریان از قسمت زیرین وارد خطوط لوله می‌گردد. لذا با توجه به رقم هدایت هیدرولیک خاک، معادل ۲/۳ متر در روز، عمق لایه محدودکننده بیش از ۶ متر بدست خواهد آمد. با بهره‌گیری از روش تعادل دینامیکی و با توجه به مقادیر هدایت هیدرولیک، عمق لایه محدودکننده و برنامه‌ریزی آبیاری جهت نباتات چغندر قند و یونجه، فاصله زهکش‌های زیرزمینی بین ۱۰۰ الی ۱۳۰ متر حاصل می‌گردد.

۳- با استفاده از نمودار ۲، میزان ضریب عکس‌العمل به شرح زیر محاسبه شده است:

$$\tan \alpha = \log \frac{ht_2 - ht_1}{t_2 - t_1} = 0.14$$

$$a = 2.3 \tan \alpha = 2.3 \times 0.14 = 0.33$$

$$a = \frac{\pi^2 Kd}{\rho L^2}$$

$$\rho = \frac{\pi^2 Kd}{aL^2} = \frac{\pi^2 \times 15.9}{0.33 \times 10000} = 0.05$$

۴- مقایسه نمونه‌های خاک قبل و بعد از اعمال آب آبیاری، نشان می‌دهد که میزان شوری خاک در لایه‌های سطحی خاک، کاهش یافته و در لایه‌های عمیق‌تر، تجمع املاح مشاهده می‌گردد (شکل ۲).

نمودار ۱ - تغییرات بار آبی و شدت تخلیه نسبت به زمان

نمودار ۲ - تغییرات شدت تخلیه و بار آبی نسبت به زمان

نمودار ۳ - تغییرات شدت تخلیه نسبت به بار آبی

شکل ۲ - تغییرات شوری لایه‌های مختلف خاک بعد از کاربرد آب آبیاری

نقشه ۱- موقعیت عمومی طرح و مزارع انتخابی موقعیت عمومی مزرعه آزمایش H63

مراجع:

- گزارش مطالعات خاک‌شناسی تفصیلی اراضی زیر سد زرینه‌رود
- آلبوم نقشه‌های اجرائی سیستم زهکشی در واحدهای عمرانی ۴ و ۵ زرینه‌رود
- نشریه Drainage Testing F. A. O. No.28
- گزارش آزمایشات مزرعه‌ای در مزرعه 2H63 زرینه‌رود

مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی زیرزمینی در ایران^(۱)

مجتبی اکرم^(۲)

۱- تاریخچه زهکشی

تاریخچه زهکشی به حدود سه هزار سال قبل بر می‌گردد. در کتابی که در این زمان در چین نگاشته شده است، نقشه‌هایی از سیستم زهکشی مشاهده می‌شود. هروت در حدود ۲۴۰۰ سال قبل اشاراتی به کاربرد زهکشی در دره نیل دارد. زهکش‌های زیرزمینی آن چنانکه امروز متداول است، اولین بار در سال ۱۸۱۰ در انگلستان به کار گرفته شد و در قاره اروپا اشاعه یافت. در سال ۱۸۴۵ تولید تنبوشه‌های سفالی در انگلستان و در سال ۱۹۰۰ تولید تنبوشه‌های سیمانی در آمریکا آغاز شد. در دهه ۱۹۴۰ استفاده از لوله پلاستیکی با جدار ضخیم ابداع شد و در اوایل دهه ۱۹۶۰ با پیدایش لوله پلاستیکی با دیواره صاف و نازک و سپس با ابداع لوله‌های کنگره‌دار (خرطومی) شتاب قابل ملاحظه‌ای پیدا کرد. در حوالی سال ۱۹۷۰ استفاده از ماشین‌های زهکشی (ترنچرها و ترنچلس‌ها) آغاز شد و شتاب بیشتری به پیشرفت کار داد و در نهایت، کاربرد فرستنده و گیرنده‌های لیزری، دقت در کنترل شیب را افزایش داد.

احداث اولین شبکه‌های نوین آبیاری و زهکشی در دهه ۱۳۱۰ در جنوب کشور صورت گرفت و اولین زهکش روباز با استفاده از ماشین در حوالی سال ۱۳۳۵ در شاور خوزستان ساخته شد. در سال‌های ۱۳۴۱ و ۱۳۴۲ اولین شبکه زهکشی

۱- ارائه شده در کارگاه فنی «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران،

تهران - ۱۳۷۸ به عنوان مقاله کلیدی و جمع‌بندی سایر مقالات ارائه شده.

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، کارشناس

و رئیس هیئت مدیره مهندسین مشاور آبساران و مدرس پاره‌وقت زهکشی دانشگاه تهران.

زیرزمینی با استفاده از لوله‌های سفالی (تنبوشه) در دانشکده کشاورزی دانشگاه جندی شاپور سابق (شهید چمران) واقع در ملاثانی (رامین) اهواز در وسعتی حدود ۵۰۰ هکتار با نیروی کارگری به اجرا درآمد. در همین سال‌ها اولین ماشین زهکشی وارد کشور شد. اولین طرح بزرگ زهکشی در هفت‌تپه به وسعت ۱۱۰۰۰ هکتار به اجرا درآمد. سپس زهکشی اراضی شرکت کشت و صنعت کارون به وسعت ۲۴۰۰۰ هکتار با سرعت زیاد اجرا شد. در همین حوالی، زهکشی اراضی آبخور سد وشمگیر در گرگان آغاز شد که متأسفانه با شکست مواجه گردید. دشت‌های مغان در شمال‌غربی کشور، دالکی در بوشهر، زابل در سیستان و بلوچستان، میان‌آب در خوزستان، بهبهان، طرح اکالیپتوس در جنوب اهواز و طرح‌های هفت‌گانه توسعه نیشکر در خوزستان طرح‌های بزرگ دیگری هستند که اجرای آنها به انجام رسیده یا هنوز ادامه دارد.

۲- اراضی زهکشی شده

خشکی‌های کره زمین حدود ۱۳۰۰۰ میلیون هکتار است. وسعت زمین‌های قابل کشت جهان ۷۰۰۰ میلیون هکتار برآورد می‌شود (۵۴ درصد). براساس آمارهای سال ۱۹۹۵ وسعت اراضی زیر کشت جهان ۱۵۰۰ میلیون هکتار بوده است (۱۱/۵ درصد مساحت خشکی‌ها) که تنها ۲۸۰ میلیون هکتار آن (۲/۱ درصد مساحت خشکی‌ها) آبیاری می‌شود. این مساحت در ۴۰ سال گذشته رشدی بسیار سریع داشته و به سه برابر رسیده است.

ایران با داشتن ۷/۲ میلیون هکتار اراضی فاریاب، ۲/۶ درصد اراضی زیر کشت آبی جهان را به خود اختصاص داده است و این در حالی است که جمعیت کشور بیش از یک درصد جمعیت جهان نیست. به عبارت دیگر چنانچه اراضی زیر کشت دیم را نادیده بگیریم با منابع فعلی، ما باید ۱۵۴ میلیون نفر را تغذیه کنیم تا سهمی متناسب با میانگین جهان داشته باشیم.

وسعت اراضی زهکشی شده جهان، اعم از سطحی و زیرزمینی، به ۱۵۰ میلیون هکتار بالغ می‌شود. براساس آمارهای منتشر شده در سال ۱۹۹۰، مساحت زمین‌های

با زهکشی زیرزمینی در جهان ۵۳/۴ میلیون هکتار بوده است. قاره اروپا با ۲۰/۵ میلیون هکتار (۳۸/۴ درصد) در صدر فهرست اراضی با زهکشی زیرزمینی قرار دارد. قاره آمریکا با ۱۷/۷ میلیون هکتار (۳۳/۱ درصد) مقام بعدی را به خود اختصاص داده است. در کشورهای شوروی سابق ۱۳/۰ میلیون هکتار (۲۴/۳ درصد) و در آفریقا و بقیه کشورهای آسیایی تنها ۲/۲ میلیون هکتار (۴/۱ درصد) زهکشی زیرزمینی وجود دارد.

در این میان، ایالات متحده آمریکا با ۱۵/۱ میلیون هکتار، کانادا با ۲/۵ میلیون هکتار، فرانسه با ۲/۰ میلیون هکتار، آلمان و دانمارک هر یک با ۱/۵ میلیون هکتار، مصر با ۱/۵ میلیون هکتار و عراق با ۴۰۰ هزار هکتار سهم قابل ملاحظه‌ای دارند. مساحت اراضی با زهکشی زیرزمینی ایران به دقت و درستی معلوم نیست. با بهترین برآوردها می‌توان این سطح را حدود ۱۵۰۰۰۰ هکتار (۰/۳ درصد جهان) دانست که حدود یکصد هزار هکتار آن در خوزستان قرار دارد.

۳- شوری و زهکشی

براساس برآوردهای انجام شده^(۱) خاک‌های شور و سدیمی جهان به ۹۰۰ میلیون هکتار بالغ می‌شود. ۳۵۷ میلیون هکتار از این اراضی در استرالیا واقع است. پس از آن آسیا با ۳۱۷ میلیون هکتار، آمریکای لاتین با ۱۳۱ میلیون هکتار، اروپا با ۵۱ میلیون هکتار، آفریقا با ۲۶ میلیون هکتار و آمریکای شمالی با ۱۸ میلیون هکتار قرار دارند.

وزارت کشاورزی با عنایت به بررسی‌های انجام شده در سال ۱۳۴۷ توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد مساحت اراضی شور را در ایران ۲۳/۵ میلیون هکتار می‌داند که معادل ۱۴/۲ درصد سطح کل کشور و معادل ۳۰ درصد اراضی دشت‌ها و فلات‌های کم ارتفاع کشور است. وزارت کشاورزی از این میزان ۷/۷ میلیون هکتار را آماده اجرای عملیات بهسازی می‌داند و معتقد است که ۸/۲ میلیون هکتار آن را خاک‌های باتلاقی شور تشکیل می‌دهد که اصلاح آن نیاز به بررسی‌های

بیشتر دارد و اصولاً ۷/۶ میلیون هکتار دیگر آن را غیرقابل اصلاح می‌داند. گرچه این آمار بسیار قدیمی است ولی آمار جدیدتری از منابع داخلی در دست نیست. زابولکس عقیده دارد که ایران پس از چین، هند و پاکستان بیشترین مساحت اراضی شور (شامل اراضی سدیمی) را در آسیا داراست. وی علت امر را به خشکی هوا و شرایط بد زهکشی نسبت می‌دهد. براساس نظر وی، توزیع جغرافیایی خاک‌های شور ایران به شرح زیر است. (لازم به ذکر است که این تقسیم‌بندی منطقه‌ای با تقسیمات جغرافیایی استانی ایران تفاوت دارد و از این نظر از دقت لازم برخوردار نیست).

جدول ۱- پراکندگی خاک‌های شور و باتلاقی شور در کشور (هزار هکتار)

منطقه	مساحت کل	مساحت خاک‌های شور	مساحت خاک‌های باتلاقی شور	جمع	درصد
مازندران	۱۴۰۰۰	۴۰۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰	۱۴/۳
آذربایجان	۱۰۵۰۰	۳۶۰	۱۲۰	۴۸۰	۴/۶
خوزستان	۱۳۴۶۶	۱۰۰۰	۱۲۶۰	۲۲۶۰	۱۷/۰
فارس	۱۷۴۲۰	۱۶۴۰	۱۲۰	۱۷۶۰	۱۰/۱
کرمان	۲۳۲۸۰	۱۷۴۰	۴۰۰	۲۱۴۰	۹/۳
خراسان	۳۰۹۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۲۴۰۰	۷/۸
اصفهان	۱۷۶۰۰	۷۶۰۰	۹۲۰	۱۶۸۰	۹/۶
بلوچستان	۱۸۵۰۰	۵۲۰	۱۲۴۰	۱۷۶۰	۸/۵
مرکزی	۶۲۰۰	۸۰	۹۲۰	۱۰۰۰	۱۶/۵
سایر	۱۳۱۳۴	-	-	-	-
جمع	۱۶۵۰۰۰	۷۳۲۰	۸۱۸۰	۱۵۵۰۰	۹/۴

به این ترتیب، استان‌های خراسان، خوزستان و مازندران به ترتیب دارای بیشترین خاک‌های مسئله‌دار هستند و استان‌های گیلان، کردستان و کرمانشاه اصولاً با چنین مشکلاتی مواجه نیستند. بیشترین خاک‌های باتلاقی شور در مازندران،

خراسان، خوزستان و سیستان و بلوچستان قرار دارند. بنابراین احتمالاً در آینده، عملیات زهکشی عمدتاً در این استان‌ها متمرکز خواهد شد مشروط بر این که سایر عوامل و از همه مهم‌تر آب زراعی وجود داشته باشد.

۴- چگونگی طراحی

بای‌بوردی (۱۳۷۳) در هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، سهم اهمیت عوامل مختلف در کارآئی نهایی یک سیستم زهکشی را به شرح زیر بیان کرده است:

جدول ۲- اهمیت عوامل مختلف در کارآئی سیستم زهکشی

درصد اهمیت در کارآئی نهایی شبکه	فعالیت
۵۰	مطالعات اولیه که به تعیین ضوابط زهکشی منجر می‌شود (ضریب زهکشی، عمق لایه محدودکننده، هدایت هیدرولیک و ...)
۱۰	انتخاب روش مناسب زهکشی
۲۰	عملیات اجرایی
۲۰	راه‌اندازی، بهره‌برداری، نگهداری و پیگیری

به این ترتیب سهم طراحی در موفقیت یک سیستم زهکشی ۶۰ درصد فرض شده است در حالی که سهم اجرا ۲۰ درصد و سهم چگونگی بهره‌برداری و نگهداری نیز تنها ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است. در زیر برخی از این عوامل با استفاده از تجارب موجود در ایران به ویژه با در نظر گرفتن موارد بحث شده در این همایش، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۴-۱- ضریب زهکشی

از آنجا که طرح‌ها عموماً بدون داشتن مزرعه آزمایشی به اجرا در می‌آیند، طراحان ناچارند که به طور نظری به برآورد ضریب زهکشی بپردازند. طراحان عموماً پر مصرف‌ترین گیاه را از میان الگوی کشت انتخاب می‌کنند و بر آن اساس به

محاسبه ضریب زهکشی می‌پردازند. به مقالاتی که امروز ارائه شد نگاهی بیفکنیم. نیشکر، یونجه و ذرت گیاهانی هستند که مصرف آب آن‌ها در خوزستان با یکدیگر زیاد متفاوت نیست اما در نیشکر ضریب زهکشی ۵ تا ۶ میلیمتر در روز و در مورد دو گیاه دیگر ضریب زهکشی ۲/۵ میلیمتر در روز اعمال شده است. ضریب زهکشی در مغان با فرض مبنا قرار گرفتن گیاه پنبه ۲/۸ میلیمتر در روز بوده است. سازمان حفاظت خاک آمریکا عقیده دارد که ضریب زهکشی واقعی ممکن است تا ۴۰ درصد کمتر از ضریب زهکشی محاسبه شده باشد زیرا که در روش محاسباتی، جذب آب توسط جمع‌کننده‌ها و نشث طبیعی آب به داخل زمین نادیده گرفته می‌شود. تجربیات پاکستان نیز نشان می‌دهد که ضریب زهکشی محاسباتی عموماً اغراق آمیز است و به همین جهت در شرایط نسبتاً یکسان، ضریب زهکشی طی شش پروژه بزرگ از ۳/۵ به ۱/۵ میلیمتر در روز کاهش داده شده است. چاره کار داشتن مزرعه آزمایشی و استاندارد کردن روش‌هاست.

۴-۲- لایه محدودکننده

در اکثر دشت‌ها تشخیص درست عمق لایه محدودکننده، یکی از مشکل‌ترین کارهای مطالعات زهکشی است و تا حدود زیادی به نظر بررسی کننده بستگی دارد. تجربیات نگارنده از این امر حکایت دارد که حتی آزمایشات تجویز شده نظیر اندازه‌گیری هدایت هیدرولیک به روش پیزومتر یا حفره زیر لوله نیز نمی‌تواند همواره نتایج قابل قبولی ارائه کند. دشت‌های رسوبی ایران و به ویژه خوزستان به شدت لایه لایه هستند و تشخیص لایه محدودکننده در آنها بسیار دشوار است. از این روست که بار دیگر احداث مزرعه آزمایشی مورد تأکید قرار می‌گیرد.

۴-۳- عمق تثبیت سطح ایستایی

عمق تثبیت سطح ایستایی هنگامی که از روابط جریان ماندگار استفاده می‌شود، برای گیاهان زراعی در ایران عموماً بین ۱ تا ۱/۲ متر در نظر گرفته می‌شود (مغان و بهبهان ۱ متر و طرح‌های توسعه نیشکر ۱/۲ متر). در ایران معمولاً نگرانی از شوری مجدد خاک‌ها طراح را وادار می‌کند که این عمق را بیشتر از حد مورد نیاز انتخاب کند

به طوری که در برخی از طرح‌ها به ۱/۵ متر نیز رسیده است. به نظر نگارنده این نگرانی تا حدودی بی‌مورد است زیرا که عمق زهکش‌ها در ایران عموماً در حدود ۲ متری بوده و بنابراین سطح ایستابی در خارج فصل زراعی بحد کافی پایین است. علاوه بر این به علت پایین بودن راندمان آبیاری و در نتیجه بالا بودن نفوذ عمقی، جریان از بالا به پایین آب بیش از حد پیش‌بینی شده وجود دارد و خطر بازگشت شوری، اراضی را تهدید نمی‌کند. تجربیات گذشته نیز مؤید این مدعاست؛ به این معنی که در هیچ یک از طرح‌ها، بازگشت جدی شوری وجود نداشته است.

پایین نگهداشتن بیش از حد عمق تثبیت سطح ایستابی دو عیب دارد. اول اینکه فاصله زهکش‌ها را بیش از حد مورد لزوم کم می‌کند و دوم اینکه آب موجود در این فاصله که می‌تواند برای مدتی مورد استفاده گیاه قرار گیرد و فاصله آبیاری را افزایش دهد، از دست می‌رود.

در دشت سیستان فاصله محاسباتی زهکش‌ها ۵۰ متر است ولی فعلاً به طور یک در میان یعنی با فاصله ۱۰۰ متر احداث شده است. گرچه به علت کمبود آب و عدم رعایت الگوی کشت نمی‌توان در مورد فاصله صحیح اظهار نظری واقع‌بینانه کرد، ولی زارعین محلی به دور از چشم مسئولان، خروجی زهکش‌های جانبی و یا جمع‌کننده‌ها را با بقایای گیاهی و گونی و . . . می‌بندند تا سطح آب بالاتر بیاید و کمبود آب آبیاری را پاسخگو باشد. اگر فاصله زهکش‌ها ۵۰ متر بود چه پیش می‌آمد؟ منظور اصلی از زهکشی تهویه خاک است. اگر بتوان با تثبیت سطح ایستابی در عمقی بالاتر، فاصله زهکش‌ها را افزایش داد و فاصله آبیاری را نیز بیشتر کرد، دلیلی برای عدم اجرای آن وجود ندارد. اگر عمق ریشه نیشکر ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است و تقریباً در تمامی طول سال جریان آب در داخل خاک از سمت بالا به پایین بوده و خطر بازگشت شوری وجود ندارد، آیا این امکان نیست که عمق تثبیت سطح ایستابی را از ۱/۲ متر مثلاً به ۰/۹ متر کاهش داد؟ این موضوعی است که به تحقیقات کاربردی نیازمند است. حاصل این تحقیق ممکن است میلیاردها ریال صرفه‌جویی در برداشته باشد.

۴-۴- هدایت هیدرولیک

برای به دست آوردن هدایت هیدرولیک خاک، در ایران عموماً از روش چاهک^(۱) برای زیر سطح ایستابی و چاهک وارونه^(۲) و یا تزریق به چاهک سطحی^(۳) برای بالای سطح ایستابی استفاده می‌شود. تجربه مشاورین مختلف در دشت‌های گوناگون کشور نشان داده است که روش تزریق به چاهک سطحی، هدایت هیدرولیک خاک را بیش از حد کم نشان می‌دهد. از این روست که به تدریج از دور روش‌های متداول کنار گذاشته می‌شود.

در اکثر نقاط ایران و به خصوص در خوزستان، مقدار هدایت هیدرولیک اندازه‌گیری شده، به شدت به خصوصیات نقطه اندازه‌گیری مرتبط است و به آسانی نمی‌توان آنرا به یک منطقه تعمیم داد. علت این امر، متنوع بودن لایه‌بندی خاک و ویژگی‌های آزمایشات است که تنها حجم کوچکی از خاک مجاور خود را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

در این شرایط، چاره کار افزایش تعداد آزمایش‌ها است. برای اطمینان از صحت کار، باید کارفرمایان و مشاوران به سختی کار، زمان بیشتر و هزینه‌های بالاتر تن در دهند و اطمینان داشته باشند که انجام این کار در نهایت به صرفه و صلاح است. این موضوع که در برخی از طرح‌های مهم و بسیار پرهزینه زهکشی در کشور، تعداد آزمایشات از حد لازم کمتر بوده است، ممکن است عواقب سوئی چه از نظر مالی و چه از نظر فنی به دنبال داشته باشد که هنوز نتایج آن بروز نکرده است.

۴-۵- آبشویی خاک‌ها

از آنجا که ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع است و میزان تبخیر در آن بالا است (سیستان ۴۰۰۰ و طرح‌های نیشکر ۳۲۲۰ میلیمتر در سال)، طرح‌های آبیاری و زهکشی عموماً با مسئله شوری خاک دست به گریبان هستند. تجربیات متعدد در ایران نشان می‌دهد که کلیه این اراضی امکان بهبود دارند و از این نظر جای هیچگونه

1 - Auger Hole Method
2 - Inversed Auger Hole Method (Porchet Method)
3 - Shallow Well Pump – in Test Method

نگرانی عمیق وجود ندارد. تجربه موفق اراضی سیستان که در آن هدایت الکتریکی خاک سطحی (۰ تا ۵۰ سانتیمتر) با کمک ۱۵۰ سانتیمتر آبشویی از ۲۰۰ به ۵ دسی زیمنس بر متر رسیده است، نمونه‌ای از این موفقیت‌ها است. نظیر همین موفقیت‌ها، با کم و بیش اختلاف، در اراضی شاوور، هفت تپه، کارون، طرح‌های هفت‌گانه توسعه نیشکر و ... نیز دیده شده است.

در خاک‌های غرب و جنوب کشور که بطور عمده از رسوبات زاگرس منشاء گرفته‌اند، ترکیبات کلسیم به حد کافی وجود دارد. خوشبختانه وفور این ترکیبات موجب شده است که خاک‌های سدیمی نیز تنها با کمک آبشویی و بدون نیاز به ماده اصلاح‌کننده بهبود یابند.

ملاحظات فوق مؤید این امر است که خاک‌های شور ایران را می‌توان عمدتاً اصلاح‌پذیر قلمداد کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که تعداد آزمایشات آبشویی در هر طرح به یک یا دو آزمایش محدود شود و چنانچه بطور استثنایی نتیجه‌ای خلاف اصلاح‌پذیری خاک عاید شود، به تعداد آزمایش‌ها افزوده گردد.

۴-۶- پوشش زهکشی

گرچه که براساس توصیه‌های معتبر، برخی از خاک‌ها به پوشش زهکش نیاز ندارند، اما براساس اطلاعات ارائه شده توسط کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، رویکرد امروز جهانی بر این است که از پوشش‌های زهکش و فیلترها برای اصلاح جریان آب در خاک و جلوگیری از نفوذ ذرات خاک و در عین حال عبور ذرات بسیار ریز استفاده شود. در ایران نیز در کلیه طرح‌ها از پوشش حجیم شن و ماسه استفاده شده است. طرح شکست خورده زهکشی آب‌خور سد وشمگیر و نسبت دادن شکست آن به عدم انتخاب و کاربرد صحیح پوشش زهکش، توجه همگان را به این عامل مهم جلب کرده و طراحان را بیش از حد محتاط و محافظه‌کار کرده است. نظر نگارنده نیز بر این است که خاک‌های جنوب کشور به اندازه‌ای متنوع و متغیر هستند که به ناچار باید احتیاط لازم را در مورد پوشش‌های زهکش به کار برد. بررسی‌های انجام شده در هلند نشان می‌دهد که قریب ۸۰ درصد موارد شکست در طرح‌های زهکشی ناشی از وضعیت نامناسب فیلتر مصرف شده بوده است.

بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که مشاورین خارجی طرح وشمگیر، دانه‌بندی خاصی را برای پوشش زهکش پیشنهاد نکرده‌اند. این عامل به خودی خود نشان‌دهنده عدم توجه مشاورین به اهمیت پوشش زهکش بوده است.

در ایران عموماً از دو استاندارد USBR, SCS برای طراحی پوشش زهکش استفاده می‌شود. نمونه‌برداری از پوشش زهکش در طرح وشمگیر ظاهراً نشان می‌دهد که دانه‌بندی پوشش زهکش با دانه‌بندی توصیه شده توسط USBR مطابقت دارد و از این رو این توهم در کارشناسان زهکشی پیش آمده است که روش USBR استاندارد مناسبی برای ایران نیست. به نظر نگارنده این موضوع جای شک و تردید دارد زیرا که نمونه‌های برداشت شده نمونه‌های سالمی نیستند و همانطور که زهکش‌ها از رسوبات انباشته شده‌اند، نمونه پوشش‌ها نیز مملو از ذرات خارجی است. ذراتی که به هنگام اجرا در آن وجود نداشته است. علاوه بر این، گزارشات موجود نشان می‌دهد که اجرای زهکش‌ها به درستی انجام نشده و به ویژه در ناحیه زیرین لوله‌ها، پوشش زهکش ریخته نشده است. بدیهی است با توجه به اینکه زه‌آب عمدتاً از زیر زهکش به آن وارد می‌شود، می‌توان ورود ذرات سیلت به آن را انتظار داشت. به این ترتیب اصولاً مردود شمردن استانداردهای USBR جای تردید دارد و یگانه راهی که می‌تواند صحت یا رد این نظریه را مشخص کند، انجام تحقیقات کاربردی است. لازم به یادآوری است که کاربرد این استاندارد در طرح مغان با موفقیت همراه بوده است.

بالا بودن هزینه حمل، لزوم بازنگری در استفاده از پوشش‌های حجیم را نمایان می‌کند. در گزارش «اجرای زهکشی زیرزمینی در دشت سیستان» اشاره شده است که هزینه هر متر مکعب مصالح پوشش زهکش‌ها به بیست هزار ریال می‌رسد. با توجه به اینکه در هر متر طولی زهکش حدود ۰/۲ متر مکعب مصالح به مصرف می‌رسد، می‌توان به بالا رفتن بیش از حد هزینه اجرای طرح‌های زهکشی پی برد. در طرح‌های نیشکر خوزستان، از معادن سبز آب اندیمشک و یا معدن گلال کهنگ واقع در جاده دزفول به شوشتر استفاده شده که فاصله حمل آن بین ۵۰ تا ۲۲۰ کیلومتر بوده است. واضح است که حمل حدود سه میلیون تن مصالح برای ۱۶۰۰۰۰ کیلومتر

زهکش جانبی از فاصله‌ای این چنین دور آسان و کم هزینه نبوده است. به نظر می‌رسد که برای رهایی از این مشکلات باید به فکر استفاده از فیلترهای مصنوعی افتاد. در طرح‌های نیشکر خوزستان آزمایشاتی در این مورد تنها با استفاده از دو نوع فیلتر انجام شده است. لایه‌های خاک در منطقه آزمایش به حدی متنوع بوده است که در جایی، زهکشی حتی بدون استفاده از فیلتر کارآیی لازم را داشته و در جایی دیگر فیلترهای مصنوعی کارآیی خود را ثابت نکرده‌اند. به هر حال نتایج این آزمایش‌ها همراه با محافظه‌کاری منطقی و معقول مشاوران، استفاده از پوشش‌های شن و ماسه را تجویز کرده است. از آنجا که در این آزمایشات تنها دو نوع فیلتر مورد استفاده قرار گرفته است، لازم است تا انواع بیشتری از فیلترها در طرح‌های تحقیقات کاربردی مورد آزمایش قرار گیرند. لازم است یادآوری شود که امروزه می‌توان در ایران هر نوع فیلتری را با استفاده از ضایعات کارخانجات موکت‌سازی و فرش‌بافی متناسب با هر نوع خاک ساخت.

۵- چگونگی اجرا

- قبل از بررسی چگونگی اجرای طرح‌های زهکشی در ایران، لازم است که رویکردهای جهانی یادآوری شود.
- امروزه در جهان گرایش زیادی به استفاده از ماشین‌های ترنپلس^(۱) وجود دارد.
 - در حال حاضر در اکثر نقاط جهان، استفاده از پوشش‌های شن و ماسه و یا الیاف مصنوعی توصیه می‌شود.
 - امروزه در اکثر کشورها از لوله‌های پلاستیکی کنگره‌دار استفاده می‌شود.

۵-۱- ماشین‌های زهکشی

ماشین‌های زهکشی را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد:

- بیل‌های مکانیکی

- ترنچرها^(۱)

- ترنچلس‌ها

- ماشین‌های احداث زهکش لانه موشی^(۲)

بیل‌های مکانیکی فقط می‌توانند ترانشه حفر کنند و بقیه کارها یعنی پخش پوشش زهکش در زیر لوله، بسترسازی کف، لوله‌گذاری، پخش پوشش در اطراف و در بالای لوله و بازگرداندن خاک به محل اصلی به کمک دست یا ماشین‌های دیگر صورت می‌گیرد. از این ماشین تنها در طرح‌های کوچک استفاده می‌شود.

در طرح‌های بزرگ ایران از ترنچرها استفاده بعمل می‌آید. براساس آمار بدست آمده ۴۱ دستگاه ترنچر در چهار مدل مختلف در ایران وجود دارد. میانگین توان اسمی این ماشین‌ها ۳۹۰ اسب بخار است و مجموعاً در حدود ۱۶۰۰۰ اسب بخار نیروی کار ترنچری در ایران وجود دارد.

خاک‌های ایران نسبت به اروپا از نظر زهکشی تفاوت دارند. عمق نصب زهکش‌ها در ایران حدود ۲ متر و در اروپا حدود ۱/۲ تا ۱/۵ متر است. خاک‌های اروپا به سبب داشتن مواد آلی، پرورده و پوک هستند در حالی که خاک‌های ایران عموماً از تراکم بالایی برخوردارند. بنابراین طبیعی است که سرعت کار ترنچرها در اروپا بمراتب بیش از سرعت کار آنها در ایران باشد. در حالی که در اروپا صحبت از کارکرد حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر در ساعت می‌شود، در ایران عملکرد ترنچرهای موجود برای حفاری تا عمق ۲ تا ۲/۵ متر و با عرض ترانشه ۰/۳ تا ۰/۵ متر بسته به نوع خاک بین ۴۰ تا ۱۶۰ متر در ساعت گزارش شده است. شاید در یک جمع‌بندی کلی بتوان عملکرد ماشین‌های زهکشی با قدرت حدود ۳۶۰ اسب بخار را برای خاک‌های سبک، متوسط و سنگین به ترتیب بطور متوسط ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ متر در ساعت برآورد کرد.

براساس بررسی‌های انجام شده، با ماشین‌های موجود در کشور و تا استهلاك آنها می‌توان حدود ۱۲۵۰۰۰ هکتار دیگر از اراضی را زهکشی کرد. در صورتی که برنامه توسعه شبکه‌های زهکشی در کشور از نظر تأمین اعتبارات و اولویت‌های

1 - Trencher

2 - Mole Drain

اجرایی حدود ۲۰۰۰ هکتار در سال باشد، با ماشین‌های موجود می‌توان تا ۶ سال به عملیات اجرایی مبادرت کرد.

براساس بررسی‌های انجام شده، ترنچ‌های با قدرت پایین‌تر از ۳۵۰ تا ۳۶۰ اسب بخار کارآیی لازم را برای خاک‌های ایران ندارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که از ترنچ‌های با قدرت بیش از آن استفاده شود. پرهزینه بودن تدارک شن و ماسه ایجاب می‌کند که عرض ترانشه به حداقل ممکن کاهش یابد. از این‌رو باید تهیه ماشین‌هایی را مورد حمایت قرارداد که بتواند انعطاف‌پذیری زیاده‌تری در عرض ترانشه داشته باشد. امروزه استفاده از سیستم کنترل شیب لیزری در ماشین‌های زهکشی کاملاً متداول است. از آنجا که شیب طولی زهکش‌های جانبی در ایران عموماً ناچیز است (۰/۰۰۷ تا ۰/۰۰۱)، اعمال کنترل‌های دستی در طرح‌های بزرگ غیر ممکن بوده و استفاده از سیستم‌های لیزری اجتناب‌ناپذیر است. گرچه که استفاده از این سیستم در مناطق بادخیز و توأم با گرد و خاک مشکلاتی را در بر دارد، ولی باید تا حد ممکن برای افزایش دقت از این دستگاه‌ها استفاده کرد و در عین حال، در این مناطق عملکرد دستگاه با کمک نقشه‌بردار کنترل شود.

انجام حفاری در زیر سطح ایستایی مشکلات ویژه خود را دارد. استفاده از سیستم حلزونی، عملکردی بهتر از تسمه نقاله را داراست. یکی از مشکلات اصلی طرح‌های نیشکر در حال حاضر کوبیدگی^(۱) و یا تراکم بیش از حد خاک در اثر عبور و مرور ماشین‌آلات است بطوریکه مثلاً در شرکت کشت و صنعت کارون این عقیده وجود دارد که هرگاه رطوبت خاک از ۱۹ درصد تجاوز کند، عبور و مرور ماشین‌های سنگین موجب کوبیدگی می‌شود. بهمین سبب پیش‌بینی می‌شود که کار با ماشین‌های زهکشی در شرایط پس از بارندگی مشکلاتی را بوجود خواهد آورد. مشکلاتی که رفع آن به آسانی مقدور نیست.

مجموعه این عوامل مؤید این امر است که بررسی‌های بیشتری در زمینه انتخاب ماشین‌های زهکشی لازم است. استاندارد DIN 1185 اختلاف رقوم بیش از ۲ سانتیمتر (کمتر یا بیشتر) بین رقوم طراحی و رقوم کارگذاری را مجاز نمی‌داند.

می‌توان گفت که با توجه به قطر کم لوله‌ها در اروپا و رایج نبودن استفاده از فیلترهای حجیم، استاندارد مذکور بیشتر با شرایط اروپایی انطباق دارد. در ایران لوله‌ها قطورتر (معمولاً از ۱۲۵ تا ۲۰۰ میلیمتر) بوده و از فیلترهای حجیم (شن و ماسه) استفاده می‌شود که تا حدودی می‌تواند بخشی از جریان زهکش‌ها را از خود عبور دهد.

ترنچلس‌ها بدون جابجایی خاک، بوسیله خیش مخصوصی زمین را شکافته و لوله را در زیرزمین کار می‌گذارند. با این دستگاه‌ها، لوله‌هایی به قطر ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر را همراه با پوشش زهکش و یا فیلتر می‌توان نصب کرد. سرعت کار این ماشین‌ها ۲ تا ۳ برابر ترنچرهاست و می‌توانند در زمین‌های سنگلاخی نیز کار کنند. توان مورد نیاز این ماشین‌ها عموماً بیش از ترنچرهاست بطوری که برای نصب لوله در عمق ۱/۵ متری به ۲۰۰ اسب بخار، برای عمق ۲ متری به ۴۵۰ اسب بخار و برای عمق ۲/۵ متری به ۷۰۰ اسب بخار می‌رسد. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که توان مورد نیاز به شدت با عمق افزایش می‌یابد. همانطور که گفته شد، رویکرد جهانی هم‌اکنون به سوی ماشین‌های ترنچلس است در حالی که در ایران تاکنون از این دستگاه استفاده نشده است. انجام بررسی‌های بیشتر در مورد کاربرد این ماشین‌ها با توجه به سرعت و کارایی آنها برای طرح‌های آینده ضرورت دارد.

۵-۲- نصب پوشش زهکش

تجربه شکست طرح زهکشی وشمگیر باید درس عبرتی برای کلیه دست‌اندرکاران زهکشی باشد. گرچه بررسی‌های بعمل آمده نشان داده است که در مرحله طراحی، توجه کافی به مسئله پوشش زهکش بعمل نیامده، اما بنظر می‌رسد که بیشترین اشکال به نحوه اجرا بستگی داشته است. رعایت حداقل ضخامت پوشش زهکش (۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر از کلیه جوانب) و رعایت دانه‌بندی متناسب با خاک اطراف الزامی است. دانه‌بندی خاک‌های محل نصب زهکش در طول مسیر خود تغییر قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. این امر بطور عمده ناشی از درهم ریختگی بافت ناشی از رسوب‌گذاری و فرسایش‌های متناوبی است که به هنگام تشکیل خاک رخ داده است. خاک‌های مناطق زهدار ایران و بویژه خوزستان دارای این ویژگی مهم هستند.

بنابراین ممکن است که تنها استفاده از یک نوع پوشش زهکش در یک طرح بزرگ کفایت نکند و ضرورت داشته باشد تا پوشش‌های متنوع متناسب با نوع خاک ترانسه‌ها مصرف شود.

شکست طرح‌ها در اثر گرفتگی عموماً در اوایل بهره‌برداری اتفاق می‌افتد. بنابراین نحوه رفتار با خاک در این هنگام اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از کارهای مناسب این است که خاک در روی مسیر زهکش‌ها بصورت پشته‌ای درآید تا از نفوذ مستقیم آب آبیاری به آن جلوگیری شود. همچنین در عملیات آبخوئی مطلقاً از نفوذ قائم آب به زهکش‌ها اجتناب گردد.

۵-۳- نصب لوله

در سال‌های اخیر، استفاده از لوله‌های پی‌وی‌سی و یا پلی‌اتیلن کنگره‌دار بعنوان زهکش جانبی در ایران رواج کامل یافته و دیگر از زهکش‌های سفالی یا سیمانی استفاده نمی‌شود. کاربرد آسان، انعطاف‌پذیری همراه با سبکی و مقاومت در مقابل شکستگی، پایداری در مقابل املاح خاک، یکنواختی پخش سوراخ‌ها در طول لوله، امکان استفاده از پوشش‌های مصنوعی و امکان لایروبی از ویژگی‌های منحصر به فرد این گونه لوله‌هاست. یکی از مشکلات مهمی که در استفاده از این لوله‌ها وجود دارد، کرایه حمل بالا به علت حجیم بودن آن است. در طرح‌های مغان و سیستان، لوله‌ها از تهران به محل مصرف حمل شده‌اند. با توجه به این که دستگاه‌های اکسترودر^(۱) و کاروگیتور^(۲) برای ساخت این لوله‌ها از حجم بالایی برخوردار نیست و پیچیدگی زیادی ندارد، در صورتی که امکان انتقال و استقرار این ماشین‌ها در محل وجود داشته باشد، می‌تواند در کاهش هزینه‌ها مؤثر باشد. امروزه دستگاه‌هایی وجود دارند که در یک کانتینر جا می‌گیرند و به وسیله کامیون قابل حمل هستند.

در ایران برای ساخت لوله‌های زهکشی از جنس پی‌وی‌سی عموماً از استانداردهای DIN 1187 استفاده می‌شود. از آنجا که شرایط ایران با اروپا به ویژه از نظر عمق زهکش تفاوت اساسی دارد و عموماً مدیریت ضعیف‌تری در مراحل

1- Extruder

2 - Corrugator

ساخت و بهره‌برداری اعمال می‌شود، جا دارد که موسسات تحقیقاتی، پژوهش‌هایی را در مورد استاندارد لوله‌های زهکشی آغاز کنند.

لوله‌های زهکشی عموماً نسبت به تابش آفتاب و اشعه ماوراء بنفش آن حساسیت دارند. بنابراین ضرورت دارد که در انباری سرپوشیده نگهداری شوند؛ موضوعی که غالباً رعایت نمی‌شود. به کارگیری سرعت بیش از حد ترنچرها موجب خطای فاحش نصب می‌شود و در شرایط وجود گرد و خاک، کارآیی سیستم لیزری دچار اشکال می‌گردد. نظارت به موقع در زمان نصب، بسیاری از این مشکلات را مرتفع خواهد کرد.

لوله‌های جمع‌کننده به کار رفته در طرح‌های ایران عموماً بتنی هستند. کارگذاری این لوله‌ها به ویژه در شرایط زیر سطح ایستابی و در اعماق زیاد با مشکلات عدیده‌ای مواجه است. شدت این مشکلات هنگامی افزایش می‌یابد که لایه‌های ماسه‌ای روان نیز در طبقات زیر سطح ایستابی وجود داشته باشد. بررسی مشکلات اجرایی زهکش‌های جمع‌کننده در طرح‌های نیشکر خوزستان، گواه مشقت‌هایی است که پیمانکاران در این راه متحمل شده‌اند. به نظر نگارنده علیرغم تلاش‌های فراوانی که در این امر صورت گرفته است، به سبب عدم بهره‌برداری از شبکه زهکشی، هنوز کارآیی سیستم، مشخص نیست و احتمال گرفتگی و یا خروج لوله‌ها از مسیر وجود دارد. اختلاف بار هیدرولیکی داخل زهکش جمع‌کننده و محیط اطراف آن که در طرح‌های نیشکر، گاه به حدود ۳ متر می‌رسد، خطر حرکت مواد ریز دانه و انتقال آن به داخل زهکش را در بر داشته است.

به نظر می‌رسد که با تمهیداتی در تجهیزات کارخانه‌های سازنده لوله‌های زهکشی، بتوان لوله‌های مشبک پلاستیکی با قطر ۳۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر تولید کرد تا به عنوان زهکش جمع‌کننده مصرف شود. استفاده از لوله جمع‌کننده مشبک، نه تنها قسمتی از زه‌آب زیرزمینی را جمع‌آوری می‌کند، بلکه در برخی موارد می‌توان عملیات نصب را با استفاده از ماشین تسهیل کرد. از سوی دیگر، اشکال کار در این است که نصب زهکش‌های جمع‌کننده به کمک ترنچر به سبب عرض و عمق بیشتر، نیازمند

نیرویی در حدود ۵۵۰ اسب بخار است. پژوهش در این مورد توسط مؤسسات تحقیقاتی، پیمانکاران و مشاورین توصیه می‌شود.

۶- اشکالات ساختاری

پیشرفت طرح‌های آبیاری و زهکشی در بسیاری از کشورها با مشکلات ساختاری و ریشه‌ای روبه‌روست. در ایران، سایه مشکلات ساختاری بر سر مسائل فنی سنگینی می‌کند و به جاست که این مسائل مورد بررسی دقیق‌تر کارشناسانه قرار گیرد. برخی از این موارد که از نظر نگارنده از اهمیت بیشتری برخوردار است در زیر به اختصار ذکر می‌شود:

۶-۱- بلند پروازانه بودن برخی طرح‌ها و طولانی شدن دوره اجرای آنها

در کشور ما، برخی از طرح‌ها بسیار بلند پروازانه مطرح می‌شوند به طوری که امکان دستیابی به هدف‌های آنها در مدت پیش‌بینی شده، اصولاً غیرممکن و یا لااقل دشوار است. طرح‌های آبیاری و زهکشی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. طرح توسعه نیشکر از اواخر سال ۱۳۷۰ آغاز شده و بنا به گزارش سازمان برنامه و بودجه تا کنون حدود ۳۰ درصد پیشرفت داشته است. مقایسه برنامه‌ها با عملکرد واقعی نشان می‌دهد که اجرای طرح بسیار عقب‌تر از پیش‌بینی‌هاست. مطالعات طرح سیستان به سال‌های دهه ۱۳۴۰ بر می‌گردد و اجرای طرح مغان در سطحی معادل ۵۸۵۰ هکتار، ۱۲ سال زمان برده است. آیا امکان نداشت که مثلاً طرح‌های نیشکر را یک به یک شروع کرد و یک به یک به بهره‌برداری رساند؟ و از هر واحد، درسی آموخت و در واحد بعدی آن را به کار بست؟ آیا هنوز مطالعات اقتصادی این طرح‌ها پا برجا هستند؟ شک نیست که طرحی موجه است که با در نظر گرفتن امکانات و محدودیت‌ها تهیه شده باشد.

۶-۲- نظام بهره‌برداری و نگهداری

در کشور ما، در دهه‌های اخیر تلاش زیادی در توسعه فیزیکی شبکه‌های آبیاری و زهکشی صورت گرفته است. هم اکنون سطح زیر شبکه‌های مدرن آبیاری در حدود

۱/۲ میلیون هکتار است که با اتمام طرح‌های در دست مطالعه و اجرا به ۱/۹ میلیون هکتار خواهد رسید. در این مدت توجه جدی به جنبه‌های نرم‌افزاری نظیر مدیریت بهره‌برداری و نگهداری، ارزیابی عملکرد و پایش^(۱) طرح‌ها نشده است. کارشناسان عقیده دارند که عملکرد شبکه‌های آبیاری از نظر کارآئی، کمتر از حد انتظار و میزان پیش‌بینی شده در طرح‌ها بوده است. هر چند که به پیروی از سیاست‌ها و خط‌مشی‌های جدید، مقرر است که نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سطح مزرعه به کشاورزان بهره‌بردار واگذار شود، ولی نه از جنبه‌های اداری، نه از نظر حقوقی و تدوین قوانین و نه از نظر جنبه‌های فنی، مالی و ترویجی در تدارک امکانات و مقدمات کار تلاشی صورت گرفته است. این کاستی‌ها، به طور قطع و یقین، عمدتاً به علت کم توجهی به مسائل مدیریت بهره‌برداری و نگهداری است. تحقق این امر نیازمند عزمی همگانی، نظام‌دهی و قبول مشارکت مردمی است.

۳-۶- تحقیقات کاربردی

بدون شک، توجه بیشتر به تحقیقات کاربردی می‌تواند راه‌گشای امور اجرایی باشد. پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌های آبیاری و زهکشی بسیار کمتر از حدی است که پاسخگوی نیازهای کشور باشد. بخشی از تحقیقات زهکشی به مصالح و لوازم مرتبط است. سرعت تحول در ماشین‌های زهکشی، پوشش‌ها و فیلترها و نیز لوله‌ها به حدی زیاد بوده است که ما نتوانسته‌ایم به تعقیب آن بپردازیم. اصولاً عمر تمامی آنچه که گفته شد از چند دهه تجاوز نمی‌کند و عمر زهکشی در ایران نیز به چند دهه نمی‌رسد. باید به تحقیقات، شتابی معقولانه و منطقی بخشید. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به اندازه‌ای جوان است که نمی‌توان همه را از آن انتظار داشت. دانشگاه‌ها باید نقشی بیشتر به عهده گیرند و تحقیقات خود را به سمت پژوهش‌های کاربردی سوق دهند. نگارنده عقیده دارد که اگر برخی از کشورهای پیشرو آمریکایی و اروپائی به سمت تحقیقات محض می‌روند، برای این است که سالاری خود را در عرصه علم همچنان پا برجا نگهدارند. حتی چنین کشورهایی نیز تحقیقات کاربردی را فراموش نکرده‌اند، گر چه که قسمت‌های زیادی از آن را به عهده

صنایع و تکنولوژی گذارده‌اند. بعید است که ما بتوانیم با انجام تحقیقات محض جایگاهی در جهان پیدا کنیم و یا مشکلات جاری خود را مرتفع سازیم ولی با پژوهش‌های کاربردی مسلماً خواهیم توانست بر بسیاری از مشکلات فنی و اقتصادی خود فائق آییم.

زمینه‌های دیگر تحقیقات زهکشی به تعیین معیارهای مناسب طراحی مربوط است. پایه‌گذاری بررسی‌ها بر روش‌های توصیه شده در منابع علمی خارجی، گهگاه نتایج رضایت‌بخشی را عاید نمی‌کند. تطابق معیارهای خارجی با شرایط کشور و استاندارد کردن ضوابط طراحی از مهم‌ترین کارهایی است که باید در آینده به مرور انجام شود. سرعت کار طرح استانداردهای مهندسی آب کشور در زمینه زهکشی بهیچوجه کافی نیست و تقویت این بخش از کار قویاً توصیه می‌شود.

۶-۴- احداث مزارع آزمایشی

زهکشی به عوامل آب و هوایی، ویژگی‌های خاک و خصوصیات گیاه بستگی دارد. به قول لوتین^(۱) در مقدمه کتاب "مهندسی زهکشی"، همه ما که در زمینه زهکشی کار می‌کنیم، مدیون دکتر هوگهات هستیم که برای اولین بار مسائل زهکشی را مورد تجزیه و تحلیل منطقی قرار داد. از آن زمان یعنی از سال ۱۹۴۰ تا کنون بیش از ۱۶۰ تئوری مختلف به وجود آمده است که همه آنها می‌توانند به صورت نظری روابط آب و خاک و گیاه را حل کنند، ولی همه عوامل را نمی‌توان کمی کرد و در فرمول گذاشت. چگونه می‌توان اثر ساختمان خاک، درز و ترک‌ها، وجود ریشه در خاک، بافت خاک، رفتار ریشه و ده‌ها پارامتر دیگر را دید؟ زهکشی به همان اندازه که از علم و فن بهره می‌برد، دارای عوامل نامشخص و یا غیر قابل اندازه‌گیری زیادی است. برای ملاحظه عوامل مختلف، باید به احداث مزارع آزمایشی همت گماشت. مشکلات اجرایی این کار زیاد است. تدارک زمین، ماشین‌آلات، لوازم، پوشش مناسب زهکش، لوله آب، محل مناسب تخلیه و... کار آسانی نیست، ولی ممکن است ثمرهای بسیار خوشایند داشته باشد. ما اگر مزرعه آزمایشی می‌داشتیم، شاید امروز از طرح و شمگیر به عنوان یک طرح شکست‌خورده یاد نمی‌کردیم. ما اگر در طرح نیشکر مزرعه آزمایشی داشتیم،

مهندسين ما امروز دلواپس و نگران عملکرد زهکش‌ها در آینده نبودند. راستی اگر خدای ناکرده عملکرد زهکش‌ها در این طرح رضایت‌بخش نباشد، چه باید کرد؟ اگر فاصله زهکش‌ها را در برآوردهایمان به درستی انتخاب نکرده باشیم، چقدر پول هدر رفته است؟ اگر بتوانیم فواصل زهکشی را تنها ۱۰ درصد افزایش بدهیم مسلماً در هزینه‌های پروژه‌ها صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای به عمل خواهد آمد.

۵-۶- تقویت مدیریت آبیاری

در ایران، احداث سدهای مخزنی و در نتیجه، انتقال حجم بیشتری آب به منطقه‌ای مشخص، اراضی بسیاری را زهدار کرده است. گرچه این مسئله را نمی‌توان به صورت یک اصل کلی پذیرفت، ولی اراضی خوزستان، فارس و مغان گواهی بر این مدعا هستند. علل اصلی این امر، در کنار سایر عوامل، پایین بودن راندمان آبیاری است. پذیرش راندمان‌های غیرواقعی و خوش‌بینانه در مرحله طراحی، دیریا زود، خطر ماندابی شدن اراضی را در پی خواهد داشت.

گروهی از کارشناسان، افزایش آب‌بها را عامل مؤثر اصلی در افزایش راندمان می‌دانند و معتقدند تا هنگامی که آب تقریباً رایگان است، امیدی به بهبود راندمان وجود ندارد. این نظریه را باید با شک و تردید نگاه کرد زیرا مثلاً افزایش قیمت بنزین ظاهراً نتوانسته است تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر الگوی مصرف ما داشته باشد. بدون شک حذف یارانه دولت تأثیری را بر قیمت تمام شده محصولات و رشد بخش کشاورزی خواهد داشت و از این رو باید به فکر راه‌های دیگر برای افزایش راندمان آبیاری بود. آموزش و ترویج بدون شک نتیجه‌بخش خواهند بود؛ گرچه که با کمک این دو، نمی‌توان انتظاراتی کوتاه مدت داشت.

۶-۶- لزوم بازنگری در فهرست بها

فهرست بهائی که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرد به گونه‌ای است که به درستی نمی‌توان بهینه‌سازی عمق و فاصله زهکش‌های زیرزمینی را انجام داد. مطالعات مکرر نشان می‌دهد که با بهره‌گیری از این فهرست بها همواره بهترین عمق زهکش در حدود ۲ متر خواهد بود زیرا که هزینه حفر ترانشه برای هر عمقی تا ۲ متر

دارای یک قیمت است. لازم است که این فهرست بها به نحوی مورد بازنگری قرار گیرد که مثلاً به ازای هر گام ده سانتی‌متری از عمق زهکش، قیمت مشخصی را ارائه کند.

۶-۷- مسائل زیست محیطی

برای داشتن کشاورزی پایدار، باید به مسائل زیست‌محیطی توجه بیشتری کرد. در زهکشی مسائل مهم زیست محیطی عبارتند از شوری مجدد خاکها، تنوع زیستی^(۱) و کیفیت آب برگشتی. آنچه که یادآوری آن در حال حاضر از اهمیت فوری‌تری برخوردار است، کیفیت آب برگشتی است. هم اکنون رودخانه کارون در خطر قرار دارد. احتمالاً در چند سال آینده و پس از بهره‌برداری از طرح‌های بالادست، کیفیت آب کارون در دارخوین در حدود ۲/۵ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر خواهد بود که در کلاس خیلی شور قرار می‌گیرد. برگرداندن زه‌آب بسیار شور و مملو از بقایای مواد شیمیائی ناشی از کودها، علفکش‌ها و سایر سموم کشاورزی برای تنوع زیستی رودخانه کارون و بیش از آن برای تنوع زیستی هور شادگان خطرناک است. ضرورت دارد که به مسائل زیست محیطی توجه بیشتری داشته باشیم.

منابع:

- ۱- گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۶، راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی (ترجمه)، چاپ اول.
- ۲- بازاری، محمد ابراهیم، امین علیزاده و سعید نی‌ریزی، ۱۳۷۶، مهندسی زهکشی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۰۳.
- ۳- مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۳۷۸، ضرورت شناخت و بهره‌برداری از منابع خاک و آب با محدودیت‌های شوری در کشاورزی کشور.
- ۴- آذری، اردوان، ۱۳۷۸، شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۵- شیخ الاسلام، محمد جواد، ۱۳۷۸، اجرای زهکشی زیرزمینی در دشت سیستان، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۶- لطفی، احمد، ۱۳۷۸، اجرای زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۷- مداح، محمد، ۱۳۷۸، مشکلات اجرائی زهکش‌های زیرزمینی در طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۸- پرهامی، محمد، ۱۳۷۸، مروری بر نارسائی‌های فنی شبکه زهکشی عمقی وشمگیر گرگان، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

- ۹- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۷، مجموعه مقالات نهمین همایش، مدیریت تخصیص و بهره‌برداری بهینه از آب در کشاورزی.
- ۱۰- آذری، اردوان، ۱۳۷۸، ترنچرهای زهکشی در ایران، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۱۱- حسن اقلی، علیرضا، ۱۳۷۷، آشنایی با زهکشی اراضی کشاورزی، ضرورت و اهمیت آن.
- ۱۲- لطفی، احمد، ۱۳۷۸، امکانات تولید لوله‌های پلاستیک برای زهکشی زیرزمینی در ایران، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۱۳- هیئت اجرائی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۷، تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری.
- ۱۴- گروه کار ارزیابی سیستم‌های آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۵، ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی و تشخیص عوامل مؤثر بر آن.
- ۱۵- گروه کار اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری، زهکشی و کنترل سیلاب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۶، راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری، زهکشی و کنترل سیلاب.
- 16- Officials of SCS, US Dept. of Agriculture, 1966, Drainage of Agricultural Land.
- 17- USBR, 1993, Drainage Manual.

روش‌ها و مشکلات اجرایی زهکش‌های زیرزمینی در طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی^(۱)

محمد مداح^(۲)

مقدمه:

اجرای طرح‌های زهکشی زیرزمینی در ایران در سطحی نسبتاً وسیع طی دهه پایانی سالهای ۱۳۳۰ و اوایل دهه ۱۳۴۰ با برنامه‌ریزی کشت نیشکر در هفت تپه خوزستان به وسعت حدود ده هزار هکتار با استفاده از تنبوشه‌های سفالی آغاز شد. متعاقب آن طی سال‌های دهه ۱۳۵۰ در اراضی کشت و صنعت کارون که در آن نیز سطحی حدود ۲۰,۰۰۰ هکتار به کشت نیشکر اختصاص داده شده بود، سیستم زهکشی زیرزمینی پیاده شد. در دهه ۱۳۶۰ اجرای طرح‌های زهکشی در اراضی زهدار دشت مغان ابتدا با بکارگیری لوله‌های سفالی و در ادامه، لوله‌های PVC خرطومی در سطح حدود ۱۲۰۰۰ هکتار آغاز شد که در آن با جایگزین ساختن زهکش‌های کلکتور لوله‌ای به جای زهکش‌های روباز، فصل نوینی در اجرای طرح‌های زهکشی زیرزمینی در ایران پدیدار گشت.

اجرای سیستم‌های زهکشی زیرزمینی مدرن در دهه ۱۳۷۰ و طی سال‌های اخیر در اراضی واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی و کشت و صنعت میان آب که جمعاً وسعتی در حدود ۹۰,۰۰۰ هکتار را تشکیل می‌دهند، فرصت مناسبی را برای تجربه‌اندوزی در طراحی و اجرای سیستم‌های زهکشی زیرزمینی برای مشاورین، کارفرمایان، پیمانکاران و سایر علاقمندان این رشته فراهم آورد. استفاده از سیستم زهکش‌های کلکتور لوله‌ای توام با ایستگاه‌های پمپاژ زهکشی نیز خود

۱- ارائه شده در کارگاه فنی «مسائل و مشکلات اجرایی شبکه‌های زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران،

تهران - ۱۳۷۸

۲- عضو هیئت مدیره مهندسین مشاور پندام و مدیر نظارت عالی واحد سلمان فارسی

تجربه جدیدی در شرایط ایران می‌باشد. در حال حاضر بیشتر تجربیات بدست آمده در این زمینه، عمدتاً در بخش اجرایی عملیات مشهود بوده و نظر به اینکه طرح‌های مذکور تاکنون به بهره‌برداری کامل نرسیده‌اند، نقائص و ضعف‌های عملکرد آنها به درستی شناخته شده نیستند.

سطح زیر پوشش شبکه‌های مدرن آبیاری در ایران حدود ۱/۲ میلیون هکتار و سطح تحت پوشش سیستم زهکشی مدرن کمتر از ۱۵۰٫۰۰۰ هکتار می‌باشد مقایسه این دو رقم نشان‌دهنده این واقعیت است که در زمینه اجرای طرح‌های زهکشی زیرزمینی و شناخت و بررسی مشکلات اجرایی و به ویژه مسائل بهره‌برداری آنها هنوز در آغاز راه قرار داریم. عدم وجود گزارشات مستند و مدون از مسائل اجرایی و بهره‌برداری از شبکه‌های زهکشی کشور و نارسائی‌های شدید در زمینه انعکاس واقعی مسائل و مشکلات طرح‌ها از نظر اجرایی و علی‌الخصوص در زمینه ارزیابی عملکرد بهره‌برداری طرح‌ها، موجب دور نگه داشتن طراحان پروژه و محققین علمی از واقعیت‌ها می‌گردد. به همین مناسبت مشاورین طراح به ناچار می‌باید استناد به مراجع و مأخذی خارج از محیط اجرایی طرح نموده و با مشکلاتی در دوره اجرا مواجه شوند.

به همین روال کارفرمایان نیز در دوره بهره‌برداری با مشکلاتی روبرو خواهند شد که منجر به افزایش هزینه‌های نگهداری طرح‌ها می‌گردند.

در مقاله حاضر ضمن تشریح مشخصات طرح‌های زهکشی واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی برخی مسائل و مشکلاتی که در جریان اجرای زهکش‌های لترال و کلکتور به ویژه در واحد سلمان فارسی که نگارنده مدیریت نظارت عالی آن را بعهده داشته است، مطرح و راه کارهای پیشنهادی را در جهت ارتقاء کیفیت کار و سرعت بخشیدن به اجرای عملیات و بهره‌برداری اطمینان بخش‌تر ارائه می‌نماید.

۱- معرفی طرح توسعه نیشکر واحد سلمان فارسی

۱-۱- موقعیت پروژه و خصوصیات آن

طرح توسعه نیشکر واحد سلمان فارسی (نام قبلی آن واحد غزالی بوده است) یکی از واحدهای هفت‌گانه توسعه نیشکر در استان خوزستان و در حدود ۴۵ کیلومتری جنوب اهواز و در شرق رودخانه کارون قرار دارد. محدوده اراضی طرح در غرب جاده آبادان اهواز در منطقه‌ای به وسعت ناخالص حدود ۱۴۴۰۰ هکتار می‌باشد. این اراضی به شکل یک محدوده مربع به ابعاد حدود $۱۲/۵ \times ۱۱/۵$ کیلومتر است که ضلع شرقی آن محدود به جاده آبادان - اهواز و ضلع غربی آن در فاصله‌ای بین ۲ الی ۵ کیلومتر از رودخانه کارون قرار گرفته است.

موقعیت واحد سلمان فارسی و سایر واحدهای طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی و احجام و مقادیر عملیاتی سیستم زهکشی واحدهای مذکور در انتهای این مقاله ارائه شده است.

۲- جانمایی^(۱) طرح زهکشی زیرزمینی

با در نظر گرفتن طرح عمومی و آرایش شبکه آبیاری و توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، شبکه زهکشی زیرزمینی نیز به تبعیت از شکل هندسی منظم واحد سلمان فارسی، دارای فرم منظم بوده و طول‌های لترال و کلکتور نیز تقریباً از روند واحدی در قسمت‌های مشابه یکدیگر برخوردار می‌باشند (شکل شماره ۳) در این جانمایی، زهکش‌های جمع‌کننده اصلی به صورت انهار خاکی روباز و در راستای شرقی غربی یکی در ۳ کیلومتری محدوده شمالی واحد (زهکش GMD-2) و یکی در سه کیلومتری جنوب واحد (زهکش GMD-3) طرح‌ریزی شده است. دو زهکش جمع‌کننده روباز مذکور به زهکش اصلی شمالی جنوبی GMD-1 تخلیه می‌گردند. زهکش مذکور به طول کلی ۱۷ کیلومتر است که ۱۲ کیلومتر آن در محدوده شرقی واحد و ۵ کیلومتر آن تا محل تخلیه به کارون در خارج از واحد قرار دارد.

ظرفیت نهائی زهکش مذکور حدود ۳۶ مترمکعب در ثانیه است که تخلیه‌کننده زه‌آب واحدهای دعبل خزاعی و فارابی نیز می‌باشد.

زهکش‌های جمع‌کننده درجه ۲ که همان زهکش‌های کلکتور لوله‌ای می‌باشند، در فواصل تقریبی یک کیلومتری از یکدیگر و در راستای شمالی جنوبی و عمود بر زهکش‌های جمع‌کننده روباز قرار می‌گیرند. زهکش‌های مذکور به ظرفیت حدود ۳۰۰ تا ۶۰۰ لیتر در ثانیه بوده و سه پمپ از نوع مستغرق در آن پیش‌بینی شده است. در طرح جانمایی کلی سیستم آبیاری و زهکشی واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی ابعاد قطعات زراعی عموماً ۲۵۰ متر در یک کیلومتر و وسعت مزارع حدود ۲۵ هکتار می‌باشد. در واحد سلمان فارسی که غالباً طول زهکش‌های لترال حدود ۵۰۰ متر می‌باشد، زه‌آب جمع‌آوری شده هر مزرعه از طریق دو رشته کلکتور جمع‌آوری شده و نهایتاً به زهکش‌های روباز پمپاژ می‌شوند.

۳- ماشین آلات موردنیاز و روش‌های اجرائی

۳-۱- ماشین آلات اجرای زهکش‌های لترال

اجرای زهکش‌های لترال با ماشین‌آلات زیر انجام‌پذیر می‌باشد:

- بیل مکانیکی
- ترنچ‌های حفار و لوله‌گذاری و فیلترریزی با دست
- ترنچ‌های مجهز به مکانیسم حفاری، لوله‌گذاری و فیلترریزی
- ترنچلس‌ها^(۱)

جزئیات اجرائی زهکش‌های لترال با ماشین‌آلات مختلف ذیلاً تشریح می‌گردد:

۳-۱-۱- اجرا با بیل مکانیکی

در اجرای لترال با بیل مکانیکی، حفر ترانشه توسط بیل مکانیکی و عملیات فیلترریزی نیز جداگانه توسط گروه دیگری صورت می‌گیرد. این روش به علت حداقل عرض بیل‌های مکانیکی موجود (باکت ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر) موجب مصرف بیش از حد

فیلتر شده و راندمان اجرای عملیات نیز حدود ۳۰ درصد ترنچ‌های مجهز به سیستم لوله‌گذار می‌باشد. ضمناً در روش اجرای لترال با بیل مکانیکی به علت عدم امکان کنترل ضخامت فیلترریزی و جابجا شدن لوله از مسیر مستقیم در جریان فیلترریزی، دقت لازم در عملیات نصب در مقایسه با ترنچر بدست نخواهد آمد. در روش اجرا با بیل مکانیکی تنظیم رقوم کف ترانشه نصب می‌بایست با فیلترریزی صورت گیرد که این امر نیز فیلتر مصرفی در مترطول را افزایش خواهد داد. لذا در مناطقی که فاصله حمل فیلتر قابل توجه می‌باشد، این روش موجب افزایش هزینه اجرای لترال خواهد گردید.

در مناطقی که اجرای زهکش‌های لترال در شرایط زیر تراز آب زیرزمینی صورت گیرد و جریان آب داخل ترانشه نمی‌تواند تخلیه شود، لوله شناور شده و نصب آن مشکلاتی را در پی خواهد داشت که در جهت مقابله با آن پمپاژ آب‌های زیرزمینی در دوره اجرا اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. ضمناً اجرای ترانشه با بیل مکانیکی در خاک‌های ریزشی (ماسه‌ای) نیز مشکلات عدیده‌ای را در پی خواهد داشت. به طور کلی اجرای لترال با بیل مکانیکی به علت عدم امکان رعایت دقیق مشخصات فنی و پائین بودن کیفیت اجرا توصیه نمی‌شود، مگر در مواردی که مقدار اجرای کار محدود بوده و استفاده از ترنچر، اقتصادی و عملی نباشد.

۳-۱-۲- اجرا با ترنچ‌های حفار بدون لوله گذاری

نوعی از ترنچرها وجود دارند که تنها اقدام به حفر ترانشه و برگرداندن خاک در یک طرف مسیر حفاری می‌کنند. در این روش عملیات فیلترریزی و لوله‌گذاری عیناً مطابق روش کار با بیل مکانیکی می‌باشد.

روش اجرای مذکور نیز تقریباً همان ایرادات و اشکالات اجرای کار با بیل مکانیکی را در بر دارد، منتهی سرعت پیشروی عملیات حفاری در مقایسه با بیل بیشتر است.

۳-۱-۳- ترنچ‌های مجهز به سیستم لوله گذاری و فیلترریزی

این روش که در اجرای طرح‌های توسعه نیشکر و صنایع جانبی بکار گرفته شده در مقایسه با سایر روش‌ها از راندمان بالایی برخوردار بوده و دقت و کیفیت اجرای کار نیز مطلوب‌تر می‌باشد.

مجریان و مسئولین طرح توسعه نیشکر در جهت تسریع در اجرای کار و تأمین بخشی از ماشین‌آلات اجرای طرح در سال ۷۱ اقدام به ورود ۱۵ دستگاه ترنچر از نوع ترنکورجتکو^(۱) و اینتردرین^(۲) نموده که تعدادی از آنها در اختیار پیمانکاران طرح قرار گرفت و تعدادی نیز برای دوره عملیات بهره‌برداری واحدهای هفت‌گانه در نظر گرفته شده است.

علاوه بر ترنچرهای مذکور ترنچرهای بارت^(۳) نیز در تعدادی از واحدها توسط پیمانکاران بکار گرفته شده است. نظر به اینکه ترنچرهای مورد استفاده عمدتاً از نوع ترنکورجتکو و اینتردرین می‌باشد، لذا مشخصات و ویژگی‌های ترنچرهای مذکور ذیلاً تشریح می‌گردد:

موتور ترنچر جتکو از نوع 3406B کاتریپلار با قدرت حدود ۴۰۰ اسب بخار بوده و سیستم حفاری آن کلاً مکانیکی است. سیستم حرکت ترنچر هیدرولیکی می‌باشد که توسط دو پمپ هیدرولیکی قوی و یک هیدروموتور روی فاینال درایو (در هر سمت) کار می‌کند و سیستم حرکت آن همانند ماشین‌های بیل مکانیکی است.

از خصوصیات مثبت ترنچرهای مذکور سرعت حفاری و دقت عملیات نصب با سیستم لیزری می‌باشد. از معایب عمده این ترنچر مشکلات کارکرد در شرایط بالا بودن آب زیرزمینی و عدم تخلیه خاک حفاری به علت گل شدن آن و چسبیدن به تسمه نقاله انتقال خاک به بیرون ترانشه می‌باشد.

موتور ترنچر اینتردرین از نوع ولوو با قدرت حدود ۴۲۰ اسب بخار است. سیستم حرکتی ترنچر مذکور کلاً هیدرولیکی است. در این ترنچر انتقال خاک از ترانشه به بیرون، از طریق سیستم حرکت حلزونی با تیغه فولادی می‌باشد. به همین مناسبت این ترنچر در شرایط بالا بودن آب زیرزمینی کارایی بهتری دارد. کارایی ترنچر مذکور در شرایط مطلوب و مشابه تقریباً نصف ترنچر جتکو می‌باشد.

1 - Trenchor - Jetco

2 - Interdrain

3 - Barth

علاوه بر ترنچر یا بیل مکانیکی، گروه کار نصب لترال به ماشین‌آلات دیگری نیاز دارند که ترکیب ماشین‌آلات و شرح کار آن برای یک دستگاه ترنچر مجهز به سیستم لوله‌گذار و فیلترریز عبارتند از:

شرح کار	نوع ماشین
- برای آماده‌سازی و تیغ‌زدن اولیه مسیر و برگردان خاک ترانشه پس از نصب	یک دستگاه گریدر
- برای حمل فیلتر از محوطه اصلی کارگاه و دپو کردن در محل نصب	دو دستگاه کمپرسی
- برای حمل کلاف‌های لوله زهکشی از انبار کارگاه تا محل نصب	تراکتور مجهز به تریلی
- جهت بارگیری فیلتر به گراول تریلر در محل نصب	یک دستگاه لوادر
- جهت بارگیری فیلتر و حمل از محل دپوی مزرعه نصب تا تخلیه به جام ترنچر	سه دستگاه گراول تریلر
- جهت سوخت رسانی و سرویس روزانه دوره‌ای	تانکر حمل سوخت و روغن
- به منظور تنظیم رقوم نصب لترال	یک دستگاه سیستم مرکزی فرستنده لیزر

قابل ذکر است که تیم کاری فوق برای یک دستگاه ترنچر بوده و متشکل از ۱۳ الی ۱۶ نفر شامل اپراتور دستگاه، راننده، نقشه بردار، تکنسین و کارگر ساده می‌باشد.

۲-۳- ماشین‌آلات اجرای زهکش‌های کلکتور

اجرای زهکش‌های کلکتور با لوله‌های بتنی بوسیله ماشین‌آلات زیر قابل انجام می‌باشد.

- ترنچر حفار مجهز به لوله‌گذار
- بیل مکانیکی

ترنچر حفار مجهز به لوله‌گذار تقریباً مشابه ترنچرهای لترال گذار بوده و تنها تفاوت عمده آن موتور با قدرت بالا و جام بزرگتر جهت جای دادن لوله می‌باشد. در این ترنچرها عملیات لوله‌گذاری توسط لوله‌های بتنی به طول تا ۱/۵ متر و با عمق تا حدود ۳/۰ متر و قطر لوله تا ۵۰۰ میلیمتر عملی می‌باشد. اجرای کلکتور در اعماق بیشتر و با اقطار بالاتر لوله نیاز به ماشین آلات ویژه داشته و در طرح‌های نیشکر از این نوع ترنچرها استفاده نشده است.

اجرای زهکش‌های کلکتور با لوله‌های بتنی در طرح توسعه نیشکر تماماً بوسیله بیل مکانیکی صورت گرفته است. حفر ترانشه برای اعماق بیش از ۲/۵ متر به صورت مقطع مرکب انجام شده که حفر ترانشه عریض آن به عمق ۱/۰ تا ۲/۰ متر و به عرض حدود ۵/۵ متر با بولدوزر و حفر ترانشه باریک (ترانشه دوم) با بیل مکانیکی به عمق ۲/۰ تا ۳/۵ متر انجام می‌گیرد. عرض ترانشه حفر شده با بیل مکانیکی بسته به قطر لوله از ۰/۸ الی ۲/۰ متر متغیر بوده است.

در این روش عملیات نصب کلکتور، عملیات حفر ترانشه دوم، برداشتن لوله از محل ریسه شده، انتقال به داخل ترانشه و جایگذاری و اتصال به لوله‌های نصب شده قبلی کلاً توسط بیل مکانیکی از نوع لیبر 912 یا کوماتسو PC-220 یا بیل‌های مشابه انجام می‌گیرد.

سایر ماشین‌آلات مورد نیاز برای عملیات نصب کلکتور به شرح زیر می‌باشند:

شرح کار	نوع ماشین
- برای آماده‌سازی و تیغ‌زدن اولیه میسر	یک دستگاه گریدر
- برای حفر ترانشه اول و انتقال خاک به خارج مقطع	یک دستگاه بولدوزر D 8
- جهت نصب و جایگذاری لوله (به جای جراثقال)	بیل مکانیکی
- برای حمل لوله و ریسه‌کردن در مسیر نصب	یک دستگاه تراکتور مجهز به تریلی
- برای حمل تدارکات و سوخت و سرویس	یا کفی با جرثقیل ۵ تن
- برای تخلیه آب‌های زیرزمینی	ماشین‌آلات سوخت‌رسانی
	دو دستگاه پمپ ۴ یا ۶ اینچ

- یک دستگاه کمپرسی
- یک دستگاه تراک میکسر
- برای حمل مصالح فیلتر و قلوه‌ریزی زیر لوله
- برای بتن‌ریزی در بستر و محل اتصال لوله در صورت لزوم

گروه عملیات نصب کلکتور شامل اپراتور دستگاه‌ها، رانندگان، کارگر ساده، بنا و کمک بنا و نقشه‌بردار بوده و برحسب مورد از ۱۲ تا ۱۸ نفر متغیر می‌باشد.

۴- مصالح ساختمانی و سازه‌ها

۴-۱- نوع لوله مصرفی لترال‌ها

لوله مورد استفاده در اجرای زهکش‌های زیرزمینی لترال، از نوع پی‌وی‌سی در اقطار ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰ و ۲۰۰ میلیمتر بوده که تولید آن در کارخانه‌ای که به همین منظور توسط شرکت توسعه نیشکر تأسیس شده و در حدود ۲۰ کیلومتری جنوب جاده آبادان - اهواز قرار دارد صورت می‌گیرد. لوله‌های مذکور تحت استاندارد دین ۱۱۸۷ می‌بایست تولید گردد.

۴-۲- فیلتر مصرفی لترال‌ها

فیلتر مصرفی جهت لترال‌ها با توجه به بافت ریزدانه خاک‌های منطقه نصب، از مصالح شن و ماسه با محدودیت دانه‌بندی مطابق شکل شماره ۴ می‌باشد. بر طبق منحنی دانه‌بندی مذکور، حداکثر قطر دانه‌ها ۰/۵ اینچ و میزان عبوری از الک نمره ۴۰ نیز حداکثر ۵ درصد می‌باشد. محل تأمین فیلتر، معادن اطراف سبزآب اندیمشک و یا معدن گلال کهنک واقع در جاده دزفول - شوشتر بوده و فاصله حمل فیلتر جهت واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر از ۵۰ الی ۲۲۰ کیلومتر متغیر می‌باشد.

۴-۳- سازه مسیر لترال‌ها

در مسیر لوله‌های لترال به جز سه راهی شستشو که در میانه مسیر و در فاصله حدود ۲۵۰ متری کلکتور در نظر گرفته می‌شود، سازه دیگری وجود ندارد. سه راهی مذکور در زیرزمین بوده و برای ردیابی مسیر توسط فلزیاب جهت مشخص کردن

شماره خط، در کنار آن، یک بلوک سیمانی به ابعاد 20×20 سانتیمتر با ضخامت ۱۰ سانتیمتر که قطعاتی از آرماتور داخل آن قرار داده شده در نظر گرفته شده است.

۴-۴- لوله مصرفی جهت کلکتور زیرزمینی

لوله مورد استفاده جهت کلکتورهای زیرزمینی طرح توسعه نیشکر، لوله‌های بتنی ساخت کارخانه‌های لوله‌سازی فارسیت و لوله‌سازی شرکت توسعه نیشکر می‌باشند. لوله‌های مذکور در اقطار ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ میلیمتر به صورت غیرمسلح و در اقطار ۷۰۰، ۸۰۰، ۹۰۰ و ۱۰۰۰ میلیمتر بتنی مسلح با یک لایه آرماتور می‌باشند. طول لوله‌ها در اقطار ۳۰۰ میلیمتر $1/25$ متر و برای سایر لوله‌ها در قطعات $2/5$ متری بوده است.

۴-۵- مصالح بسترسازی لوله‌های کلکتور

در شرایطی که مسیر اجرای کلکتور از اراضی ماسه‌ای عبور نموده و آب زیرزمینی بالاتر از تراز کف لوله باشد، بسترسازی لوله با مصالح قلوه سنگ، فیلتز، مصالح مخلوط و یا بتن‌ریزی در اطراف و زیر لوله مورد نیاز خواهد بود. در یکی از روش‌های آب‌بندی محل اتصالات لوله‌های کلکتور استفاده از شفته آهک نیز تجربه شده است. قابل ذکر است که در محل اتصال لوله‌های بتنی، علاوه بر کاربرد حلقه‌های لاستیکی (اورینگ) ملات‌ریزی سیمانی محل اتصالات نیز پیش‌بینی شده است. اشکالات و تجربیات بدست آمده در نحوه بسترسازی لوله‌های کلکتور در مبحث مشکلات اجرائی در این مقاله تشریح خواهد گردید.

۴-۶- سازه‌های کلکتور زیرزمینی

سازه‌های عمده مسیر لوله‌های کلکتور عبارتند از ایستگاه‌های پمپاژ فرعی زهکشی در محل تخلیه به زهکش روباز، سازه منهول و چاهک شستشو در محل تخلیه زهکش لترال به کلکتور، معمولاً در فواصل حدود ۲۵۰ متر، سازه چاهک آدم‌رو (منهول) با لوله بتنی به قطر ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر. نمونه چاهک‌های مذکور که قسمت تحتانی آن از باکس بتنی پیش‌ساخته می‌باشد و در واحد سلمان فارسی به کار گرفته

شده در شکل شماره ۵ ارائه شده است. در فاصله بین دو منهول و در محل ورود سایر لترال‌ها به کلکتور، چاهک‌های شستشو به فواصل ۴۰ تا ۸۵ متر پیش‌بینی شده است.

ایستگاه‌های پمپاژ فرعی زهکشی در واحدهای طرح‌های توسعه نیشکر برای تخلیه زه‌آب جمع‌آوری شده دو رشته کلکتور به طور ۳ الی ۳/۵ کیلومتر طراحی شده و هر کدام مجهز به دو تا چهار دستگاه پمپ مستغرق^(۱) با ظرفیت ۱۰۰ تا ۴۰۰ لیتر در ثانیه می‌باشد.

سازه ایستگاه پمپاژ از نوع بتن مسلح بوده و به علت عمق نسبتاً زیاد نصب کلکتورهای تخلیه شونده تا حدود ۶ متر، عمق محل پی‌کنی سازه‌های مذکور بعضاً تا ۷/۵ متر می‌رسد که به علت کار در شرایط حدود ۵/۵ متر در زیر تراز آب و خاک‌های ریزشی منطقه، دارای صعوبت و مشکلات اجرایی خاصی می‌باشد. نمونه یکی از ایستگاه پمپاژ فرعی زهکشی در واحد سلمان در شکل شماره ۶ و ۷ نشان داده شده است. در بعضی از واحدهای طرح توسعه نیشکر که لوله کلکتور مستقیماً و بدون استفاده از ایستگاه پمپاژ فرعی زهکشی وارد زهکش روباز می‌شود، ساختمان حفاظتی از پوشش بتنی و یا سنگچین^(۲) در نظر گرفته شده است.

۵- مشکلات اجرایی زهکش‌های زیرزمینی

گرچه ممکن است در جریان نصب زهکش‌های لترال و کلکتور در هر یک از واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر مشکلات و مسائل استثنائی نیز بروز نموده باشد، ولی اهم اشکالاتی که تقریباً در تمامی واحدها وجود داشته و به طریقی موجب کاهش راندمان کار نصب، و یا عدم کارکرد زهکش‌ها می‌گردد به شرح زیر بدان‌ها اشاره می‌شود.

1 - Submersible

2 - Riprap

۵-۱- مشکلات اجرایی لترال‌ها

اهم مشکلاتی که موجب کندی راندمان کار نصب لترال، خارج از رواداری شدن عملیات نصب و یا عدم کارکرد مطلوب سیستم می‌گردد به شرح زیر می‌باشند:

الف - نامناسب بودن ماشین‌آلات مورد استفاده تحت شرایط خاک‌های منطقه نصب که ممکن است به علت پائین بودن قدرت حفاری به صورت خرابی‌های مداوم در طول کار نمایان گردد. همچنین عدم تناسب ماشین‌ها با وضعیت آب زیرزمینی (عمق تراز آب) نیز مشکلاتی را به همراه دارد.

ب - بکارگیری سرعت بیش از حد ترنچر در حرکت موجب خطا شده و طول نصب شده خارج از رواداری را افزایش داده و لوله به صورت سینوسی نصب می‌شود.

ج - کارکرد در شرایط بارندگی و رطوبت بیش از حد فیلتر، موجب چسبندگی ذرات فیلتر گردیده و فیلترریزی در قسمت‌هایی از لوله لترال انجام نمی‌شود که این امر در آینده موجب انسداد لوله و ورود ذرات ریزدانه به داخل لوله لترال می‌شود.

د - وجود طوفان گردو خاک موجب عدم کارائی سیستم لیزری شده و خطای دستگاه را افزایش می‌دهد.

ه - کند شدن تیغچه‌های حفاری نیز یکی از دلایل افت راندمان کاری ترنچر به شمار می‌رود.

و - کمبود لوازم یدکی و آماده نداشتن تیغچه‌های یدک و لوازم پرمصرف اضافی موجب توقف کار و نهایتاً کاهش راندمان کاری ماهانه خواهد شد.

ز - اتلاف فیلتر به علت خرابی گراول تریلر و بارگیری آن با لودر در جام ترنچر و همچنین تلفات ناشی از اضافه فیلتر مصرفی در جریان بارگیری‌های متعدد در محدوده کارگاه مزرعه محل نصب و همچنین در انتهای هر خط به علت جابجائی ترنچر و بیرون ریختن آن از داخل جام ترنچر، همچنین تلفات فیلتر به ویژه در مناطقی که مسافت محل معدن تا محل مصرف طولانی می‌باشد از مشکلات عمده عملیات نصب لترال است. همچنین بهم‌خوردن تنظیم دریچه فیلترریزی و عدم امکان

حفظ دقیق ضخامت فیلترریزی در زیر و روی لترالها نیز منجر به اتلاف فیلتر مصرفی می‌گردد.

ح - طولانی شدن فاصله نصب لترال تا زمان بهره‌برداری از سیستم و رسوب ذرات، موجب انسداد لوله و کاهش کارآئی آن به میزان پیش‌بینی شده در طرح خواهد بود.

ط - استفاده از لوله‌های نامرغوب پی‌وی‌سی و یا لوله‌های دیو شده در فضای آزاد که به صورت شکننده درآمده، به علت لهیدگی در اثر فشار وارده خاک و همچنین بریدن لوله در محل شکافها و همچنین عدم دقت در نحوه اتصال کلاف‌های لوله به یکدیگر، می‌تواند عاملی برای انسداد لوله و عدم کارکرد مطلوب آنها باشد.

ی - لزوم برگرداندن خاک حفاری و پرکردن سریع ترانشه‌ها بعد از عملیات نصب تأکید می‌گردد، به ویژه در فصولی از سال که احتمال رگبار و وقوع سیلاب در منطقه محتمل باشد.

ک - مسدود نگهداشتن انتهای لوله برای جلوگیری از ورود جانوران در زمانی که خط به طور ناقص نصب می‌شود.

ل - کمبود فیلتر و لوله مورد نیاز در اقطار مختلف نیز از عوامل کاهش راندمان اجرای عملیات می‌باشد. به همین علت لزوم دیوی فیلتر و تدارک دیدن انبار سرپوشیده لوله‌های پی‌وی‌سی برای حداقل ۱۵ روز کار توصیه می‌شود.

۲-۵- مشکلات اجرائی زهکش‌های کلکتور

در طرح توسعه نیشکر همانگونه که اشاره شد به دلیل آنکه اجرای زهکش‌های کلکتور لوله‌ای با استفاده از بیل مکانیکی صورت گرفته که از نظر تأمین لوازم یدکی و تعمیرات آن مشکلی وجود ندارد، لذا اشکالات حادث شده در جریان عملیات نصب کلکتور از بابت ماشین حفاری (بیل مکانیکی) مسئله حادی نبوده و در کوتاه مدت قابل رفع بوده است. اهم مسائلی که در اجرای لوله‌های جمع‌کننده در طرح‌های در دست اجرا در واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر تاکنون بروز کرده است، صعوبت و مسائل ناشی از نصب لوله‌های بتنی در شرایط زیر تراز آب و همچنین نصب کلکتور در خاک‌های روان و ریزدانه (ماسه بادی و سیلت) بوده است. وجود

خاک ریزدانه و نامناسب بودن اتصالات نرو مادگی لوله‌های بتنی و کیفیت نامطلوب تولید لوله در بعضی موارد، منجر به لب پریدگی محل اتصال لوله شده و علیرغم استفاده از حلقه لاستیکی (اورینگ) و ملات‌ریزی اطراف درز اتصال لوله‌ها، به علت آن که در قسمت‌های زیرین لوله این عمل امکان‌پذیر نمی‌باشد، ورود مصالح خاکی ریزدانه از این محل به داخل لوله مشکلاتی را بوجود آورده است.

در طرح‌های توسعه نیشکر به ویژه در واحدهائی که تخلیه کلکتور لوله‌ای به زهکش‌های اصلی از طریق ایستگاه پمپاژ فرعی صورت می‌گیرد، وجود بار هیدرولیکی پس از شروع پمپاژ که در قسمت‌های انتهائی لوله جمع‌کننده و به خصوص نزدیک به ایستگاه پمپاژ این اختلاف بار هیدرولیکی تا ۳ متر نیز می‌رسد (اختلاف تراز آب در بیرون کلکتور و داخل کلکتور) در شرایطی که محل درز اتصال به خوبی آب‌بند نباشد، در اثر نیروی مکش بوجود آمده، حجم زیادی از خاک اطراف لوله وارد کلکتور و در نهایت وارد ایستگاه پمپاژ می‌گردد. پی‌آمد این عمل فروکش کردن خاک اطراف لوله، جابجائی و نشست حوضچه‌های شستشو و منهول و استهلاک شدید پروانه پمپ‌ها و پرشدن زهکش‌های روباز از رسوبات حاصله خواهد بود. بنابراین توجه به بسترسازی لوله، روش‌های آب‌بند نمودن محل اتصال لوله کلکتور و در صورت توجه اقتصادی و فنی استفاده از لوله‌های پی‌وی‌سی و یا آزبست با اتصالات مانشونی و قابل اطمینان، از راه کارهای مناسب مقابله با این نقیصه به شمار می‌روند.

یکی از روش‌هایی که در واحد سلمان فارسی در جهت مقابله با ورود ماسه روان و خاک‌های ریزدانه به کار گرفته شده، استفاده از بسترسازی با قلوه سنگ و بتن‌ریزی با بتن لاغر در زیر لوله و اطراف محل اتصال لوله‌ها مطابق شکل شماره ۸ می‌باشد. این شیوه در کلیه مسیرهائی که عملیات نصب در شرایط زیر تراز آب صورت می‌گیرد توصیه می‌شود. همچنین در قسمت‌هائی از مسیر که در حال حاضر عملیات نصب در شرایط خشک انجام می‌شود، به علت آنکه در آینده و با آغاز بهره‌برداری از طرح، با بالا آمدن تراز آب مواجه خواهد شد، بسترسازی با بتن لاغر و یا مصالح فیلتر به ضخامت حداقل ۱۵ سانتیمتر پیشنهاد می‌شود. بدیهی است جهت

موفق بودن اجرای عملیات بسترسازی، تدارک دیدن حداقل دو پمپ آماده بکار (۴ و ۶ اینچ) جهت پمپاژ و تخلیه آب‌های زیرزمینی در طول کار الزامی می‌باشد. از روش‌های دیگری که در بسترسازی و آب بندی درزهای اتصال لوله استفاده شده، کاربرد مصالح مخلوط رودخانه‌ای با شفته آهک در زیر و روی لوله بوده که به دلیل عدم استمرار پمپاژ آب‌های زیرزمینی و کندگیر بودن شفته آهکی، راه‌حل موفق نبوده است.

در جهت اطمینان بیشتر از بهره‌برداری مطلوب کلکتورها و همچنین پرهیز از ورود گل‌ولای و رسوب قبل از بهره‌برداری، توصیه می‌شود از رها کردن ترانشه‌های لوله‌گذاری شده برای مدت طولانی جداً خودداری شده و هر چه سریع‌تر اقدام به پرکردن آنها شود. ضمناً در پایان کار روزانه، روی چاهک منهول‌ها و همچنین انتهای لوله‌های باز، درپوش گذاشته شود. همچنین سعی شود که پس از نصب منهول‌ها تمامی درپوش‌های آن برای جلوگیری از ورود حیوانات و سیلاب‌های احتمالی به داخل کلکتور گذاشته شود.

۵-۳- مشکلات اجرایی سازه‌ها

از مهمترین سازه‌های مسیر کلکتورها، ایستگاه‌های پمپاژ فرعی در محل تخلیه سیستم جمع‌کننده به زهکش روباز می‌باشد. عملیات پی کنی عمیق تا حدود ۷/۰ متر از زمین طبیعی و کارکرد در زیر تراز آب به خصوص در اراضی ماسه‌ای جوشان و خاک‌های ریزشی از اهم مشکلات سازه‌های کلکتورها بوده است. عدم تجهیزات کافی و تدارکات لازم پیمانکاران در جریان اجرای عملیات به ویژه کمیود پمپ و یا خرابی پمپ‌ها در حین اجرای کار، مقرون به صرفه نبودن تدارک و سپرکوبی به علت حجم کم عملیات بتنی (هر ایستگاه حدود ۶۰ - ۸۰ متر مکعب بتن‌ریزی) همگی موجب می‌گردند که محدوده گودبرداری شده سریعاً گسترش یافته و مهار ماسه جوشان و تثبیت بستر پی تقریباً غیرممکن گردد. مصادف شدن دوره اجرا با زمان‌های بارندگی نیز از دیگر صعوبت‌های اجرای ایستگاه‌های پمپاژ زهکشی می‌باشد. در جهت اطمینان بیشتر و موفق بودن عملیات اجرایی، توصیه می‌شود قبل از پی کنی کامل اقدام به حفر چاله آزمایشی با بیل مکانیکی تا عمق مورد نظر و پیش‌بینی کلیه تدارکات لازم

قبل از شروع عملیات شود. در صورت فراهم بودن امکانات، حفر چاه‌های آبکشی در بیرون گود توصیه می‌شود. استفاده از قطعات پیش ساخته نیز برای اجرای ایستگاه پمپاژ و گودبرداری تدریجی از درون قطعات بتنی یکی دیگر از روش‌های مقابله با پی‌های ریزشی می‌باشد.

از دیگر مشکلات اجرائی سازه‌ها که ممکنست پس از بهره‌برداری آثار خرابی و یا نقص در کارکرد سیستم زهکشی آن نمایان گردد، نشست چاهک‌های شستشوی بین منهول‌ها می‌باشد. نشست چاهک‌های فوق که ممکن است به علت عدم تراکم خاک زیرین و اطراف چاهک‌ها و یا فروکش کردن خاک مسیر به داخل کلکتورها پدیدار شود، بعضاً باعث قطع لوله‌های لترال شده و تخلیه لترال‌ها را با اشکال مواجه می‌سازد. لذا توصیه می‌شود علیرغم هزینه بیشتر منهول‌ها، تمامی چاهک‌های شستشوی میانی نیز به منهول تبدیل گردند. امتیاز قابل توجه دیگر منهول، قابل رویت بودن کارکرد لترال مربوطه و همچنین امکان نمونه‌برداری آب از خط لترال و سهولت ورود جت فلاشینگ لترال می‌باشد. ضمناً برای مشاهده عملکرد صحیح کلکتورها، از طریق ترازبایی سطح آب در منهول‌ها در مسیر جریان کلکتور، می‌توان از کارکرد مطلوب آنها اطمینان حاصل کرد. بالا بودن و اختلاف سطح زیاد آب بین منهول‌ها حاکی از عملکرد نامناسب سیستم می‌باشد.

اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان^(۱)

احمد لطفی^(۲)

۱- معرفی پروژه

توسعه آبیاری دشت بهبهان به عنوان بخشی از پروژه توسعه منابع رودخانه مارون از سال‌های دهه ۱۳۵۰ مورد توجه سازمان آب و برق خوزستان قرار گرفت. مجموعه طرح شامل احداث سد مخزنی بر روی رودخانه مارون و احداث تأسیسات آبیاری و شبکه‌های آبیاری در دشت‌های بهبهان، جایزان، خلف‌آباد، و شادگان است (شکل ۱).

در دشت بهبهان سد انحرافی شهدا و شبکه اصلی آبیاری و زهکشی در سال ۱۳۶۸ آماده بهره‌برداری شد و متعاقب آن کانال‌های درجه سه آبیاری و زهکشی در مزارع احداث شد که هم اکنون مراحل پایانی تکمیل و رفع نقص را می‌گذرانند. هم اکنون نیز برنامه تجهیز و تسطیح مزارع و زهکشی اراضی زهدار زیر پوشش شبکه، در چارچوب همکاری‌های بانک جهانی و دولت ایران در جریان است و امید می‌رود در سال ۱۳۷۸ تکمیل گردد.

احداث سد مخزنی مارون که عملیات اجرایی آن از سال ۱۳۶۸ آغاز شد، هم اکنون مراحل پایانی تکمیل را می‌گذراند و به قرار اطلاع به تازگی آب‌اندازی شده است. گنجایش مخزن سد ۱۲۰۰ میلیون متر مکعب است و آب مورد نیاز برای توسعه آبیاری در مساحت حدود ۵۰ هزار هکتار را تأمین خواهد کرد. منطقه زیر پوشش شبکه در دشت بهبهان در حدود ۱۵۰۰۰ هکتار است که نزدیک به ۱۱۵۰۰ هکتار آن آبیاری و بهره‌برداری می‌شود.

۱- ارائه شده در کارگاه فنی «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران،

تهران - ۱۳۷۸

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، کارشناس مهندسی مشاور پندام

میزان مصرف آب در حال حاضر و قبل از اینکه سد مخزنی آغاز به کار نماید بطور متوسط در حدود ۱۲۵ میلیون متر مکعب در سال است که بیش از ۶۵ درصد آن در چهار ماه از اواخر تیر تا اواخر مهر ماه برای کشت‌های تابستانه (بطور عمده برنج) مصرف می‌شود. قبل از اینکه شبکه آبیاری احداث شود میزان آب تأمین شده در منطقه به وسیله شبکه سنتی برابر ۸۵ میلیون متر مکعب در سال بوده است. در شرایط توسعه میزان مصرف آب به حدود ۲۷۰ میلیون متر مکعب در سال افزایش خواهد یافت، که بیش از ۶۰ درصد آن برای تولید محصولات تابستانه اختصاص می‌یابد.

منبع اصلی تأمین آب آبیاری دشت بهبهان، رودخانه مارون است. جریان این رودخانه دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای نمک‌های محلول است، بطوریکه در فصول کم آبی هدایت الکتریکی آن از حدود ۲۵۰۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر تجاوز می‌نماید. در فصول پر آبی این مقدار به کمتر از ۱۰۰۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر کاهش می‌یابد. پیش‌بینی می‌شود پس از تنظیم جریان در دریاچه سد، شوری آب در حدود ۱۵۰۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر باشد.

در طرح توسعه کشاورزی، برنامه کشت شامل گندم و جو به عنوان محصولات اصلی زمستانه و نیز باقلا، و علوفه (بطور عمده یونجه)، سیب‌زمینی و پیاز و برزک است. پیش‌بینی می‌شود که کشت سبزیجات زمستانه به ویژه محصولات جالیزی در آینده جای بیشتری در الگوی کشت بدست آورد. در صورتیکه نتایج تحقیقات، کشت چغندر قند را توجیه‌پذیر نشان بدهد، و کارخانجات قند مناطق مجاور از توسعه کشت آن پشتیبانی نمایند، یکی دیگر از محصولاتی است که کشت آن در منطقه ترویج خواهد شد. محصولات اصلی تابستانه شامل ذرت (دانه و علوفه)، کنجد، برنج و علوفه (یونجه) خواهد بود. توسعه کشت محصولاتی از قبیل سویا نیز با هدف اصلاح شرایط فیزیکی و حاصلخیزی خاک و بهبود تناوب زراعی مورد توجه است.

۲- مشخصات محدوده زهکشی

بر اساس مطالعاتی که در اوایل دهه ۱۳۶۰ انجام گرفت، در بخشی از اراضی زیر پوشش شبکه آبیاری در دشت بهبهان، در مساحتی در حدود ۳۵۰۰ هکتار، آب زیرزمینی در اعماق بین ۰/۵ تا ۲ متری از سطح زمین تغییر می‌نمود که این اراضی زهدار تلقی شده و در برنامه‌های توسعه برای آنها احداث زهکش زیرزمینی پیش‌بینی شده است. در دیگر اراضی دشت نیز هرچند آب زیرزمینی در اعماق بیش از ۲ متر تغییر می‌کند، اما در بخش قابل ملاحظه‌ای از آنها استعداد بالا آمدن آب زیرزمینی وجود دارد. در هر حال بر طبق برنامه توافق شده با کارفرما، فقط در آن بخش از اراضی که آب در بالای عمق دو متری تغییر می‌نماید، زهکش احداث می‌گردد.

مطالعات اولیه صحرایی برای تهیه طرح زهکشی در سال‌های ۶۴-۱۳۶۲ انجام گرفت. در این مطالعات تراکم نقاط برای بررسی خصوصیات خاک و اندازه‌گیری‌های مربوطه برابر یک نقطه برای ۵۰ هکتار بود. در سال ۱۳۷۴ در مطالعات تکمیلی زهکشی، نقاط مشاهده‌ای به میزان ۱ نقطه برای ۲۵ هکتار افزایش داده شد.

منابع تغذیه سفره: منبع اصلی تغذیه آب زیرزمینی، نفوذ آب آبیاری در مزارع و نیز نشت آب از کانال‌های آبیاری است. مشاهدات نشان داده است که علی‌رغم پوشش بتونی کانال‌ها، سهم آنها در تغذیه سفره آب زیرزمینی قابل ملاحظه است. شکستگی و از بین رفتن پوشش بتونی در جایجای مسیر کانال‌ها که بر بستری‌های شنی عبور می‌کنند این پدیده را باعث شده است. اما در هر حال نفوذ آب در مزارع و نشت آن به مزارع مجاور اصلی‌ترین عامل تغذیه سفره و زهدار شدن زمین‌ها است. در شرایط کنونی هر گاه در مزرعه‌ای اقدام به کشت برنج شود، در مزارع مجاور آن آب زیرزمینی بطور محسوس بالا می‌آید. این پدیده خود نشان می‌دهد که در این اراضی استعداد زهکشی طبیعی نیز نسبتاً محدود است. اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان می‌دهد که حتی پس از خاتمه آبیاری، مدت نسبتاً زیادی (بین ۱۵ - ۳۰ روز) طول می‌کشد تا آب زیرزمینی به اعماق حدود ۱ - ۰/۶ متری پایین رود.

هدایت هیدرولیکی: مطالعات نشان داده است که خاک‌های منطقه علیرغم بافت سنگین دارای آبگذری خوبی است. وجود ساختمان در خاک‌ها، و نیز منافذ ناشی از بقایای ریشه‌ها، وجود آهک در خاک، و بالاخره ترکیب نمک‌های محلول در آب آبیاری همگی در این پدیده مؤثر بوده است. هدایت هیدرولیکی بافت‌های مختلف خاک که مبنای برآورد هدایت هیدرولیکی نیمرخ خاک بوده است به قرار زیر می‌باشد.

هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)	بافت خاک
۲	LfS, fS, SL
۱/۵	L, SiL, fSL
۱/۲	CL, SiCL
۰/۸	SiC
۰/۴	C

با استفاده از معیارهای فوق، مقادیر هدایت هیدرولیکی برای لایه‌هایی از خاک که در محاسبات فواصل زهکشی مؤثر بودند، محاسبه و مورد استفاده قرار می‌گرفتند.

پتانسیل زهکشی طبیعی: استعداد زهکشی طبیعی منطقه زهدار، هم از طریق روند تغییرات آب زیرزمینی و هم از طریق اندازه‌گیری جریان پایه در زهکش‌های روباز موجود در منطقه به میزان ۱/۵ میلی‌متر در روز برآورد و در محاسبات وارد شده است.

۳- معیارهای محاسبه فواصل زهکش‌ها

هدایت هیدرولیکی: در هر نقطه مشاهده‌ای در شبکه ۵۰۰×۵۰۰ متری، هدایت هیدرولیکی پروفیل خاک در تمامی ضخامتی که در ایجاد جریان مؤثر بوده است اندازه‌گیری (و یا برآورد) شده و بکار گرفته شد.

عمق لایه محدودکننده: در هر نقطه مشاهده‌ای، نیمرخ خاک و وضعیت لایه‌ها و هدایت هیدرولیکی آنها برای انتخاب عمق لایه محدودکننده تا عمق ۶ متری مورد بررسی قرار گرفت. در مواردی که در نیمرخ خاک هیچ لایه محدودکننده تشخیص داده نمی‌شد، عمق این لایه برابر ۶ متر فرض می‌گردید.

شدت تغذیه: برای زهکشی مزارع یونجه و ذرت (دو محصولی که اصلی‌ترین کشت‌های تابستانه را در الگوی کشت تشکیل خواهند داد)، در شرایط زهکشی ماندگار^(۱) میانگین شدت تغذیه در دو ماه اوج مصرف آب، برابر حدود ۴ میلی‌متر در روز برآورد شده که پس از کسر پتانسیل زهکشی طبیعی به میزان ۱/۵ میلی‌متر در روز، شدت زهکشی طرح برابر ۲/۵ میلی‌متر در روز مبنای محاسبات قرار گرفته است. نفوذ عمقی آب آبیاری که حتی در شرایط طرح نیز بیش از ۲۵ درصد آب آبیاری خواهد بود، برای شستشوی املاح باقیمانده از آب آبیاری در شرایط طرح (پس از تنظیم جریان رودخانه در دریاچه ی سد مخزنی) کاملاً کفایت دارد.

عمق کنترل آب زیرزمینی: با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی منطقه و نیز برای ایجاد شرایط مناسب برای انجام عملیات ماشینی، عمق کنترل آب زیرزمینی برای استفاده در فرمول‌های زهکشی در شرایط ماندگار، برابر ۱ متر در نظر گرفته شده است.

عمق نصب زهکش‌ها: با در نظر گرفتن قیمت‌های مندرج در دفترچه‌های فهرست بها، اقتصادی‌ترین عمق برای نصب زهکش‌ها برابر ۲ متر به دست می‌آید که همین عمق نیز برای نصب زهکش‌ها انتخاب شده است.

فرمول مورد استفاده: با توجه به متغییر بودن بافت در نیمرخ خاک‌های منطقه، ترجیح داده شد تا از فرمول ارنست (برای خاک‌های چند لایه) استفاده شود. محاسبات انجام شده با روش ارنست، با فرمول گلاور-دام نیز واریسی می‌شد و در بیشتر موارد انطباق کافی بین دو روش وجود داشت.

۴- معیارهای طراحی شبکه زهکش‌های زیرزمینی

فواصل زهکشی: فواصل زهکشی برای کلیه نقاط مشاهده‌ای که دارای اطلاعات لازم برای محاسبه فواصل بودند، محاسبه و سپس اراضی بر حسب فاصله

گروه‌بندی شد. در هر گروه، فواصل زهکشی در محدوده ۱۰ درصد بالا و یا پایین فاصله شاخص آن گروه انتخاب شد. بطور مثال وقتی شاخص فاصله زهکشی در یک گروه ۱۰۰ متر باشد، آن گروه فواصل زهکشی بین ۹۰ تا ۱۱۰ متر را در بر می‌گیرد. فواصل زهکشی در دشت بهبهان در سه گروه ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ متری انتخاب شده‌اند.

آرایش شبکه زهکش‌های زیرزمینی مزرعه: با در نظر گرفتن شرایط مزارع که

در آنها کانال‌های درجه سه از قبل ساخته شده بودند و قطع آنها برای احداث زهکش، میسر و یا موجه نبود، در درجه اول برای تأمین شرایط مناسب‌تر برای انجام عملیات مزرعه و جلوگیری از مزاحمت‌هایی که وجود سازه‌هایی مانند آدم‌رو در وسط مزرعه به وجود می‌آورد، و در درجات بعدی با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و هم برای سهولت اجرا، زهکش‌های مزرعه در جهت بیشترین شیب (معمولاً به موازات کانال‌های درجه سه) قرار داده شدند. این نوع آرایش شبکه در عین حال محدودیت‌هایی را برای کشت برنج به وجود خواهد آورد، که با توجه به سیاست‌های اعلام شده در برنامه توسعه (محدود ساختن سطح زیر کشت برنج) ناهماهنگ نیست.

شیب زهکش‌ها: برای احداث زهکش‌های زیرزمینی مزرعه (لترال^(۱))، استفاده از

لوله‌های پی وی سی در نظر گرفته شده و براین اساس حداقل شیب زهکش‌ها برابر یک در هزار انتخاب شده است. حد بالایی شیب تا حدود ۵ در هزار نیز بکار گرفته شده است که نظیر سرعتی معادل حدود ۰/۶ متر بر ثانیه جریان آب در لوله است.

طول زهکش‌ها: در طراحی‌های انجام شده به لحاظ قرار گرفتن مسیر زهکش در

جهت شیب طبیعی زمین، محدودیتی برای طول زهکش در نظر گرفته نشد. انتخاب مسیرهای طولانی هم از نظر کاهش سازه‌های زهکشی که عموماً دست و پاگیر و مزاحم عملیات مزرعه است، و هم برای صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرا، و بالاخره به

لحاظ سهولت و سرعت عملیات اجرا مزیت داشت. بزرگترین طول زهکش مزرعه برابر ۱۱۰۰ متر بوده است.

سازه‌های زهکشی: سازه‌های زهکشی شامل آدمرو بتونی، رایزر و دهانه تخلیه است. آدمروها در محل اتصال خطوط زهکشی مزرعه به جمع‌کننده‌ها و نیز در طول مسیر زهکش‌های مزرعه قرار داده شدند. در طول مسیر زهکش‌ها، آدمروها به فواصل ۴۰۰-۵۰۰ متر از یکدیگر در محل تلاقی مسیره‌های زهکشی با نهرچه‌های زهکشی مزارع در مجاورت جاده بین قطعات قرار داده شد تا کمترین مزاحمت را برای عملیات مزرعه در بر داشته باشد. این خود البته در بردارنده بیشترین ایمنی برای سازه است. در میانه فاصله بین دو آدمرو، یک رایزر پیش‌بینی شد. در موارد معدود که اتصال زهکش‌ها در وسط زمین زراعی اجتناب‌ناپذیر می‌شد، سازه‌های بتونی زیرزمینی (به صورت مدفون) در نظر گرفته شد.

سازه‌های تخلیه انتهایی در پایاب جمع‌کننده‌های لوله‌ای برای حفاظت محل تخلیه جمع‌کننده‌های لوله‌ای به زهکش‌های جمع‌کننده روباز طراحی شد. این سازه‌ها به صورت بتون مسلح احداث می‌شوند. همچنین پیش‌بینی شد تا دهانه‌های تخلیه جمع‌کننده‌ها برای جلوگیری از ورود سیلاب و خاشاک به درون لوله به درجه‌های یکطرفه مجهز شود. با اتخاذ تمهیداتی این دریچه‌ها در کارگاه‌های محلی در شهر بهبهان ساخته شدند.

نوع و اندازه لوله‌های زهکشی: در طراحی شبکه زهکشی، لوله‌های پی وی سی خرطومی مشبک مورد نظر قرار داشتند. لوله‌های زهکشی در اندازه‌های ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۶۰ میلیمتر (قطر خارجی) انتخاب شد.

عمق نصب زهکش‌ها: عمق نصب زهکش‌ها در محدوده ۲-۲/۲ متری انتخاب شد. در چند مورد محدودیت‌های موجود در محل تخلیه باعث می‌شد تا عمق نصب به حدود ۱/۷ متری بالا آورده شود. انتخاب عمق دو متری علاوه بر جنبه‌های اقتصادی به منظور جلوگیری از تبخیر آب از سطح آب زیرزمینی در دوره آیش نیز مطلوب

بود. به علت پتانسیل تبخیر شدید در فصل تابستان و در زمین‌های آیش، تبخیر از سفره‌های کم عمق باعث تجمع نمک در سطح خاک می‌شود.

فیلتر دور لوله: پیرامون لوله‌های زهکشی با قشری به ضخامت ۱۰ سانتیمتر مصالح شنی دانه‌بندی و شسته شده پوشش می‌شود.

۵- روش اجرای طرح زهکشی

پیمانکار: پیمانکار اجرای طرح شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور وابسته به وزارت کشاورزی است که در شرایط کنونی از نظر ماشین‌آلات زهکشی مجهزترین سازمان پیمانکاری موجود در ایران است.

قرارداد: زمان شروع قرارداد از اول سال ۱۳۷۶ و مدت اجرای کار ۳۶ ماه بوده است. طول زهکش‌های مزرعه در قرار داد ۱۹۰ کیلومتر و طول زهکش‌های جمع‌کننده ۴۵ کیلومتر بوده است. به این ترتیب در هر سال اجرای حدود ۶۰ کیلومتر زهکش برنامه‌ریزی شده است که می‌تواند حجم کار مناسبی برای یک دستگاه ماشین ترنچر باشد. هرچند عملاً انجام کل کار در یک دوره یک ساله نیز دور از تصور نبود، اما این کار باعث می‌شد که مساحت زیادی از اراضی دشت از کاشت بیافتد. با این ملاحظه، ترجیح داده شد که زمان انجام کار طولانی انتخاب گردد. به دلایلی صرفاً اداری، عملیات اجرایی پروژه با یکسال تاخیر در سال ۱۳۷۷ آغاز شد.

لوله‌های زهکشی مزرعه: زهکش‌های مزرعه با استفاده از لوله پی وی سی احداث می‌شود. قطر لوله‌های پی وی سی از ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلیمتر بکار برده شده است. لوله‌ها در کارخانه لوله‌سازی کرج متعلق به خود پیمانکار و تحت استاندارد DIN ۱۱۸۷ تولید و حمل می‌شود. علیرغم اینکه در اهواز کارخانه لوله‌سازی وجود دارد، پیمانکار ترجیح داده است که هزینه‌های حمل را تحمل نموده و نیاز کارگاه را از

کرج تأمین نماید. همچنین با توجه به اینکه کارخانه مزبور لوله‌های با قطر کمتر از ۱۲۵ میلیمتر نمی‌سازد، پیمانکار پذیرفته است که به هزینه خود از این لوله‌ها به جای لوله‌های ۱۰۰ میلیمتری استفاده نماید.

لوله‌های جمع‌کننده: در اصل لوله‌های مورد استفاده برای احداث جمع‌کننده‌ها

لوله‌های بتونی بقطر داخلی ۳۰۰ و ۴۰۰ میلیمتر است. ولی در مواردی که لوله‌های پی وی سی به قطر ۲۰۰ برای جمع‌آوری زهاب زهکش‌ها کفایت کند از آن استفاده شده است. لوله‌های بتونی در کارگاه پیمانکار به صورت دستی و با استفاده از قالب فلزی ساخته می‌شود. لب‌پریدگی‌های موردی در لوله‌ها به صورت موضعی در محل نصب ترمیم می‌شود.

ماشین‌آلات: برای احداث لترال‌ها از یک دستگاه ترنچر زنجیری نسبتاً نو (مدل

هلند درین) با قدرت اسمی ۳۶۰ اسب بخار استفاده می‌شود که قادر است در شرایط مناسب و متعارف ترانشه‌های به عمق حد اکثر تا ۲/۵ متر و عرض ۳۵ سانتیمتر حفر نموده و لوله و فیلتر پیرامون آن را به صورت همزمان کارگذاری کند. در چند ماه اولیه سال یک دستگاه ماشین ترنچر قدیمی در کارگاه مشغول بکار بود که به علت کمبود لوازم یدکی مورد نیاز و توقف‌های مکرر و دست و پا گیر از کارگاه بیرون برده شد. کارکرد ماشین نو در دوره کار از تیر ماه تا پایان آبان‌ماه سال ۱۳۷۷ در مجموع برابر ۷۰ کیلومتر بوده است. مادام که ماشین از سلامت فنی بر خوردار است و به خوبی نگهداری و بهره‌برداری می‌شود، میانگین کارکرد ۱۵ کیلومتر در ماه در فصل بدون بارندگی را می‌توان با اطمینان انتظار داشت. کارکرد ماشین در خاک‌های مختلف بین ۵۰ تا ۹۰ متر در ساعت و بطور میانگین ۶۰ متر در ساعت (کار پیوسته و بدون توقف) بوده است. سیستم کنترل عمق حفاری در ترنچر به وسیله لیزر هدایت می‌شود. عملکرد لیزر کاملاً رضایت‌بخش بوده و لوله‌های زهکش در محدوده رواداری مجاز (± 5 سانتیمتر) نصب شده‌اند. ماشین‌آلات جنبی برای ترنچر شامل یک دستگاه گراول‌تریلر و یک دستگاه لودر برای بارگیری شن و ماسه فیلتر، که بطور پیوسته با ترنچر همراهی می‌کند و یک دستگاه بیل مکانیکی است که به صورت

موردی و منقطع بکار گرفته می‌شود. هر چند با وجود سیستم کنترل لیزری، الزامی به هموار کردن مسیر حرکت ترنچر نیست، اما پیمانکار ترجیح می‌دهد که با هموار کردن مسیر، حرکت ماشین را آسانتر سازد. برای این منظور یک دستگاه گریدر که به صورت منقطع کار می‌کند به هموار نمودن مسیر و نیز برگردان کردن خاک به ترانشه می‌پردازد. کامیون برای تأمین شن و ماسه فیلتر و تریلر پشت بند تراکتور برای حمل لوله نیز مورد نیاز است. در بعضی موارد که خاک خیلی سنگین و یا عمق ترانشه زهکشی عمیق‌تر از حدود متعارف باشد، ابتدا به عمق حدود ۰/۵ تا ۱ متر و عرض حدود ۴ متر بالای ترانشه با بولدوزر حفر می‌شود و سپس ترنچر با قرار گرفتن در درون این ترانشه، زهکش را اجرا می‌کند. ترنچرهای زنجیری در برخورد با لایه‌های شنی و سنگریزه‌ای به ویژه اگر سیمانته نیز شده باشند، با مشکل روبرو شده و خوب عمل نمی‌کنند. در چنین مواردی که تا حدودی از قبل قابل پیش‌بینی است ناگزیر بیل مکانیکی برای حفر ترانشه بکار گرفته شده و لوله و فیلتر به صورت دستی کارگذاری می‌گردد.

برای احداث کلکتور از بیل مکانیکی استفاده می‌شود. عرض ترانشه زهکش جمع کننده ۰/۷ متر اجرا و پرداخت می‌شود. در پروژه بهبهان با پیمانکار موافقت شده است که به جای شیبدار کردن دیواره ترانشه جمع کننده، ۰/۵ تا ۱ متر بالای ترانشه را با بولدوزر به عرض ۴ متر حفاری کند و سپس ترانشه زهکش را به عمق ۱ متر با دیوار قائم حفر کند. این توافق بار مالی بسیار کمی را به پروژه تحمیل کرده است، اما در سرعت اجرا، دقت کارگذاری لوله، کنترل کیفیت نصب و ایمنی کار تأثیر مثبت داشته است. قابل ذکر است که در پروژه بهبهان لوله‌های جمع کننده نیز به صورتی اجرا می‌شوند که می‌توانند آب‌های زیرزمینی پیرامون خود را جذب نمایند. همانطور که قبلاً اشاره شد برای جمع‌کننده‌ها از لوله‌های بتونی به طول یک متر استفاده می‌شود. درز بین این لوله‌ها باز است و با مصالح فیلتر پوشش می‌شود و به این ترتیب امکان ورود و جذب آب را فراهم می‌آورد. در بهبهان مواردی مشاهده شده است که در شرایطی که آب زیرزمینی بالا است، نصب تنها ۳۰۰ متر لوله جمع‌کننده در بستر خاک سنگین (Si-L) جریانی به اندازه ۲۴ لیتر در ثانیه را جذب و تخلیه

می‌نمود. این اندازه‌گیری نشان داد که درز بین لوله‌ها به اندازه کافی امکان ورود آب به داخل لوله را فراهم می‌آورد.

مصالح صافی شنی: مصالح شنی برای پیرامون لوله‌ها از کارگاه‌های سنگ‌شکن تأمین می‌شود. به عبارت دیگر همه مصالح ریز و درشت مورد نیاز از سنگ شکسته است. متأسفانه منبع کافی و مناسب برای تأمین مصالح رودخانه‌ای وجود ندارد. سنگ‌های شکسته علیرغم اینکه شسته می‌شوند اما عاری از پودر سنگ نیستند. به علت شیب نسبتاً تند لوله و سرعت خوب جریان در داخل لوله‌ها این پودر در همان مراحل اولیه کارگذاری بدون اینکه مشکلی به وجود آورد شسته شده و به وسیله جریان آب از محیط خارج می‌شود. دانه بندی شن و ماسه فیلتر به وسیله اختلاط مصالح مناسب به خوبی در محدوده مجاز پیش‌بینی شده قرار می‌گیرد.

۶- هزینه‌های احداث شبکه زهکشی

هزینه‌های احداث شبکه زهکشی زیرزمینی در دشت بهبهان شامل مخارج اجرای زهکش‌های مزرعه و نیز جمع‌کننده‌ها و ابنیه مربوطه است.

زهکش‌های زیرزمینی مزرعه (لترال‌ها): بر اساس صورت وضعیت‌های عمل شده تا کنون، اجرای هر متر لوله زهکشی زیرزمینی در مزرعه به وسیله ترنچر در حدود ۱۷۰۰۰ ریال هزینه در بر داشته است. در مواردیکه استفاده از ترنچر میسر نبوده و الزاماً از بیل مکانیکی استفاده شده است، هزینه‌های اجرا به ۲۱۴۰۰ ریال برای هر متر طول افزایش یافته است. تفاوت اصلی در اضافه حجم خاک‌برداری و نیز اضافه حجم مصرف فیلتر بوده است. در مجموع احداث هر متر زهکش مزرعه بالغ بر ۱۹۸۰۰ ریال هزینه در بر داشته است. این رقم شامل تهیه کلیه مصالح لوله و شن و ماسه فیلتر و نیز هزینه‌های حمل و نقل مصالح و بالآخره حفر ترانشه و نصب لوله‌ها می‌باشد. سهم هر یک از فعالیت‌ها در هزینه نهایی به شرح زیر است:

تهیه لوله	۵۶/۷ درصد
حمل لوله	۲/۰ درصد
تهیه فیلتر	۱۱/۵ درصد
حمل فیلتر	۵/۳ درصد
<u>حفر ترانشه و نصب</u>	<u>۲۴/۵ درصد</u>
جمع	۱۰۰/۰ درصد

زهکش‌های جمع‌کننده: بخشی از زهکش‌های جمع‌کننده (۴۳ درصد) با استفاده از لوله‌های پی وی سی ۲۰۰ و بقیه با استفاده از لوله‌های بتونی ۳۰۰ و ۴۰۰ میلیمتر احداث شده است. کلیه زهکش‌های جمع‌کننده با فیلتر حفاظت شده‌اند تا بتوانند در جذب آب زیرزمینی نیز به سیستم کمک کنند. در مجموع اجرای هر متر زهکش جمع‌کننده معادل ۴۷۰۰۰ ریال هزینه در بر داشته است. هر هکتار زمین زهکشی شده نیز در حدود ۱۲ متر زهکش جمع‌کننده زیرزمینی داشته است. تفکیک هزینه‌های اجرا به شرح زیر است:

تهیه و حمل لوله	۴۲/۷ درصد
تهیه و حمل فیلتر	۲۰/۸ درصد
<u>حفر ترانشه و نصب</u>	<u>۳۶/۵ درصد</u>
جمع	۱۰۰/۰ درصد

سر جمع هزینه‌ها در هر هکتار: سر جمع هزینه‌های پرداخت شده برای احداث شبکه زهکشی در هر هکتار از اراضی زهدار دشت بهبهان شامل زهکش‌های مزرعه و جمع‌کننده و ابنیه زهکشی، در حدود ۲۴۰۰۰۰۰ ریال بوده است.

۷- کنترل عملکرد سیستم زهکشی

هرچند در هیچ یک از مزارعی که در آنها زهکش احداث شده هنوز شرایط لازم برای ارزیابی عملکرد سیستم در شرایط تحت آبیاری سنگین (مشابه به شرایط طرح) مهیا نشده است و این زمین‌ها برای اولین بار امسال زیر کشت تابستانه قرار می‌گیرند، اما در موارد زیر کنترل‌ها و مشاهدات لازم بعمل آمده است:

- جریان آب در زهکش‌ها در زمان تخلیه آب موجود در زمین: در مراحل

اولیه احداث زهکش‌ها، آب زیرزمینی ذخیره شده در لایه‌های خاک بار هیدرولیکی کافی و گاهی بیشتر از آنچه که در شرایط مزارع تحت آبیاری به وجود می‌آید ایجاد می‌کند. حجم آب موجود در این لایه‌ها نیز قابل ملاحظه است و زمان نسبتاً زیادی طول می‌کشد تا این حجم خالی شود. این وضعیت امکان انجام مشاهدات اولیه را برای کنترل عملکرد زهکش‌ها به وجود می‌آورد. در مزارع زهکشی شده، این مشاهدات که در محل چاهک‌های آدم‌رو صورت می‌گرفت مؤید عملکرد مطلوب خطوط زهکش بود. حجم کلی آب خروجی در محل تخلیه انتهایی نیز نشانه‌ای بر عملکرد قابل قبول سیستم حداقل در مراحل اولیه پس از نصب بوده است.

- وضعیت رسوب‌دهی زهکش‌ها در مراحل اولیه برقراری جریان در لوله‌ها:

این پدیده نیز در ضمن عملیات نصب و بلافاصله پس از آن مورد مشاهده قرار می‌گرفت. رسوب‌دهی زهکش‌ها به ویژه در مراحل اولیه پس از نصب می‌تواند نشانه نامطلوبی از عملکرد نامناسب فیلتر و یا ناپایدار بودن خاک برگردان شده به ترانشه باشد. در دوره نصب، رنگ شیری آب خروجی از زهکش نشان‌دهنده شسته شدن پودر سنگ از توده فیلتر بود که در زمان کوتاهی پس از اتمام عملیات نصب پایان می‌گرفت و پس از آن جریان خروجی در تمامی خطوط زهکش احداث شده کاملاً صاف و عاری از رسوب بود. طبیعتاً سرعت نسبتاً زیاد جریان در خطوط زهکش شرایط ته‌نشین شدن رسوبات را در درون لوله‌ها به وجود نمی‌آورد.

۸- تجربیات به دست آمده و مسایل موجود در عملیات اجرایی پروژه زهکشی دشت بهبهان

تجربیات و مسایل مرتبط با ماشین آلات:

- برای زهکشی در شرایط خاک‌های سنگین و با رطوبت‌های متغیر دشت بهبهان ترنچر با قدرت ۳۵۰-۳۶۰ اسب کارآیی مناسبی دارد. ترنچر با قدرت کمتر احتمالاً نمی‌تواند به خوبی از عهده انجام حفاری تا عمق ۲/۲ متر برآید.
- ترنچرهای زنجیری با تیغه‌های رایج برای خاک‌های ریز بافت، در برخورد با لایه‌های شنی به خوبی عمل نمی‌کنند.
- سیستم کنترل عمق حفاری با لیزر می‌تواند عملکرد مطلوبی را به همراه داشته باشد. در شرایط بادهای شدید و یا گرد و خاک، دقت کار سیستم کاهش می‌یابد. در هر حال توصیه می‌شود عملکرد لیزر همزمان با کار به وسیله نقشه‌بردار نیز کنترل شود. این کنترل با پرسنل و امکاناتی که الزاماً باید در محل کارگاه حضور داشته باشند بدون تحمیل هزینه بیشتر امکان‌پذیر است.
- عبور و مرور ماشین‌های زهکشی در سطح مزرعه بهیچ وجه مطلوب نیست و باعث کوبیدگی زمین مزرعه می‌گردد. به ویژه پس از بارندگی، زمین مرطوب به آسانی متراکم می‌شود. این امر به ندرت به وسیله پیمانکاران و دستگاه نظارت مورد توجه جدی قرار می‌گیرد.

مسایل مرتبط با قیمت و فهرست بهای فصل زهکشی دفترچه آحاد بها سازمان

برنامه:

- در دفترچه قیمت سازمان برنامه هزینه حفر ترانشه برای هر عمقی تا ۲ متر دارای یک قیمت است و پس از آن به عملیات نصب در اعماق بیشتر اضافه بها تعلق می‌گیرد. با این ترتیب عمق بهینه نصب نیز الزاماً در ۲ متری به دست می‌آید. و این در حالی است که بازده کار (بر حسب طول) ماشین ترنچر به شدت نسبت به عمق نصب حساس است. چه بسا اگر محدودیت رعایت قیمت دفترچه وجود نداشته باشد

و بهینه‌یابی عمق نصب براساس هزینه تمام شده کار ماشین باشد، بهینه‌یابی عمق به نتایج دیگری جز ۲ متر برسد.

- در دفترچه فهرست بها اضافه بها برای حفر ترانشه و نصب لوله برای اعماق بیشتر از دو متر مبهم و قابل تفسیر است. علی‌القاعده اضافه بها باید فقط به مازاد عمق حفر شده در زیر ۲ متر تعلق گیرد. مندرجات دفترچه در حال حاضر می‌تواند به گونه‌ای دیگر برداشت و استنباط شود.

مسایل مرتبط با تکنولوژی اجرای کار:

استفاده از ترنچر و لوله‌های خرطومی بدون شک بزرگترین تحول فنی دو سه دهه گذشته در زمینه احداث شبکه زهکشی زیرزمینی مزارع بوده است. در شرایط کنونی این فن‌آوری برای احداث زهکش‌های جمع‌کننده نیز توسعه یافته و بطور موفقیت‌آمیز بکار گرفته شده است. اما متأسفانه در تمامی پروژه‌های زهکشی در ایران هنوز روش‌های قدیمی شامل بیل مکانیکی و لوله‌های بتونی مورد استفاده قرار می‌گیرد که متضمن صرف وقت و انرژی و هزینه بیشتر است. حفر ترانشه و نصب زهکش‌های جمع‌کننده که هم عریض‌ترند و هم عمیق‌تر، به ترنچرهای با قدرت‌های بیش از ۵۵۰ اسب بخار نیاز دارد که تا کنون در ایران وجود نداشته است. هم چنین نیاز به امکانات ساخت لوله‌های خرطومی قطورتر هست که باید کورگیتهورهای^(۱) مناسب نیز تدارک شود.

یکی دیگر از فن‌آوری‌های جدید که در ایران مورد بی‌توجهی قرار گرفته است فیلترهای سنتتیک است. صنایع نخ‌ریسی، پارچه‌بافی، قالی‌بافی و موکت‌بافی در ایران به اندازه کافی گسترده است و ضایعات آنها می‌تواند برای تولید پوشش سنتتیک بکار رود. منابع پتروشیمی نیز می‌تواند در تولید مواد اولیه مورد نیاز این فن کمک نماید. فن‌آوری تولید پوشش سنتتیک در حال حاضر به گونه‌ای است که می‌توان متناسب با هر خاکی، فیلترهای مناسب را تولید نمود و با استفاده از آن هزینه‌های تهیه، حمل و بکاربری فیلترهای شنی را صرفه‌جویی کرد. کارخانجات و ماشین‌آلات

مربوط به این کار نیز نسبتاً ساده و بسیار شبیه تولید پوشال کولرهای آبی است و با سرمایه‌گذاری نه چندان زیاد قابل تدارک است.

مدیریت و نگهداری شبکه زهکشی:

- زهکش‌های جمع‌کننده زیرزمینی به طور معمول به زهکش‌های اصلی و یا درجه دو روباز تخلیه می‌شوند و بنابراین ضروری است که این زهکش‌ها بطور پیوسته در حالت کارآ نگهداشته شوند. زهکش‌های روباز معمولاً جریان‌های برگشتی آبیاری و رواناب‌های ناشی از بارندگی را نیز جمع‌آوری می‌کنند که حاوی مقادیر قابل ملاحظه رسوبات هستند. متأسفانه این زهکش‌ها در معرض رشد نی و انواع گیاهان دیگر و نیز تجمع رسوب و گل و لای است که به ویژه در نواحی جنوبی کشور مزاحمت‌های شدید به وجود می‌آورد. هم اکنون یکی از مشکلات جدی مدیریت‌های شبکه‌های آبیاری و زهکشی در جنوب کشور نگهداری شبکه‌های زهکشی است که به دلایل مختلف گاهی با مسامحه نیز روبرو می‌شود.

- یکی از مسائلی که به زودی و در مرحله بهره‌برداری بروز خواهد نمود مدیریت نگهداری شبکه زهکشی زیرزمینی است. هر چند به پیروی از سیاست‌ها و خط‌مشی‌های جدید، مقرر است که نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سطح مزرعه به کشاورزان بهره‌بردار واگذار شود ولی نه از جنبه‌های اداری، حقوقی و تدوین قوانین و نه از جنبه‌های فنی، مالی و ترویجی در تدارک امکانات و مقدمات تلاش نشده و آمادگی‌های لازم فراهم نشده است. شاید مهمترین نیاز برای فراهم کردن این آمادگی توجیه و آموزش کشاورزان نسبت به ضرورت‌های انجام عملیات نگهداری پیشگیرانه (انجام اصلاحات و ترمیم‌های ضروری قبل از وقوع خسارت‌های شدید) و نیز الزام کشاورزان به قبول این مسئولیت‌ها است که طبیعتاً هم وزارت کشاورزی و هم وزارت نیرو در این زمینه باید به شکل مؤثرتری اقدام نمایند. اجرای روش‌های نگهداری پیشگیرانه در مورد شبکه‌های آبیاری موجود به وسیله مدیریت‌های دولتی خود بهترین آموزگار برای کشاورزان بهره‌بردار خواهد بود.

در دسترس نبودن نقشه‌های مطابق اجرا^(۱):

یکی از مسایل موجود در کار طراحی و اجرای شبکه زهکشی در دشت بهبهان در دسترس نبودن نقشه‌های مطابق اجرای شبکه زهکشی اصلی و درجه دو روباز بود که شبکه زهکشی زیرزمینی باید به آنها تخلیه می‌شد. به این خاطر طرح‌های زهکشی زیرزمینی بر مبنای مشخصات و رقوم‌های طراحی شده شبکه زهکش‌های اصلی و درجه دو (مندرج در اسناد مناقصه) تهیه شدند. در عمل به علت تغییراتی که به هر دلیل در اجرای این زهکش‌ها به وجود آمده بود، طرح‌های زهکشی زیرزمینی نیز نیازمند تغییرات و طراحی مجدد شدند. در چند مورد به خاطر مسائلی که در محل تخلیه جمع‌کننده‌ها وجود داشت، رقوم نصب زهکش‌ها به جای ۲ متر تا ۱/۷ متر بالا کشیده شد. البته به خاطر وجود شیب طبیعی کافی در سطح زمین و قرار گرفتن لترال‌ها در جهت شیب تند، این تغییرات فقط نواری به عرض کمتر از ۱۰۰ متر از بخش پایین دست مزارع را تحت تأثیر قرار می‌داد و در بقیه سطح مزرعه زهکش‌ها کماکان در عمق ۲ متری نصب می‌شدند.

دایر و در حال بهره‌برداری بودن زمین‌ها:

در دشت بهبهان زمین‌ها دایر و زیر کشت محصولات تابستانه و زمستانه است. علیرغم اینکه کشاورزان از احداث شبکه زهکشی در اراضی زهدار استقبال می‌نمودند ولی در مزارعی که عمق آب زیرزمینی در ۱ متری بود و شبکه زهکشی صرفاً به خاطر پیش‌بینی گسترش مسایل در آینده احداث می‌شد، تمایل کمتری به همکاری داشتند. در هر حال با همکاری مسئولان کارفرما، عملیات زهکشی در منطقه به خاطر استحصال زمین با مشکل قابل ملاحظه‌ای روبرو نبوده است.

محدودیت برای کشت برنج:

یکی از محدودیت‌هایی که می‌توان برای شبکه زهکشی زیرزمینی - به شکلی که در بهبهان اجرا شده است - قایل شد، مسائلی است که برای کشت برنج در اراضی زهکشی شده به وجود می‌آید. قرارگرفتن زهکش مزرعه در جهت شیب تند زمین و به

شکلی که یک خط زهکش قطعات مزرعه را قطع می‌کند، باعث می‌شود که زمین برنجزار نیز در دوره آبیاری به صورت پیوسته زهکشی شود که استثناء این زهکشی برای کشت برنج مطلوب نیست و مصرف آب را افزایش خواهد داد. هر چند راه‌های محدودی برای این مشکل وجود دارد ولی در هر حال آزادی عمل کشاورزان برای صرفه‌جویی در مصرف آب برنج محدود خواهد بود.

نکات قابل طرح در مورد پروژه زهکشی بهبهان

- احداث جمع‌کننده‌ها به صورت جاذب آب تا چه حد می‌تواند مؤثر و مقرون به صلاح باشد؟
- انتخاب محدوده‌ای از اراضی که در آن عمق آب زیرزمینی بالای ۲ متری تغییر می‌کند، در حالیکه عمق کنترل آب زیرزمینی در ۱ متری پیش‌بینی شده است تا چه حد می‌تواند واقع‌بینانه باشد؟

اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان^(۱)

اردوان آذری^(۲)

چکیده

مطالعات و اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی در اراضی زهدار دشت مغان به وسعت ۱۲۸۰۰ هکتار از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۷۹ ادامه داشته و در این مدت علاوه بر تجربه روش‌های مختلف اجرا و مدیریت، تجدید نظرها و اصلاحاتی نیز بعمل آمده است. برخی از این اصلاحات مربوط به کاهش ضریب زهکشی تا ۲/۸ میلیمتر در روز، کاهش عمق نصب زهکش‌ها به ۱/۸ متر و چشم‌پوشی کردن از اجرای طرح در بخش‌هایی از اراضی که نیاز کمی به زهکشی داشتند، بود.

در این طرح از لوله‌های پلاستیکی مشبک به قطرهای ۱۲۵ و ۱۶۰ میلیمتر که در شن و ماسه فیلتری مدفون شده‌اند، استفاده گردید. این لوله‌ها به جمع‌کننده‌های بتونی به قطرهای ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر تخلیه و سپس به سمت زهکش‌های روباز هدایت و تخلیه می‌گردند. هزینه اجرایی هر هکتار از طرح با قیمت‌های سال ۱۳۷۶ حدود ۳ میلیون ریال می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که طولانی شدن دوره طرح و اجرا موجب ناهماهنگی بخش‌های مختلف طرح شده و با توجه به انجام اصلاحات در مبانی طرح پس از مشاهده عملکرد قسمت‌های اجرا شده، ضرورت استفاده از مزارع آزمایشی برای استخراج مبانی طرح نمایان می‌گردد. همچنین لزوم انجام شستشوی لوله‌ها قبل از تحویل موقت و توجه به امر نگهداری پس از اجرا از دیگر ضرورت‌ها است.

۱- ارائه شده در کارگاه فنی «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران -

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کارشناس مهندسی مشاور آب‌ورزان

۱- مقدمه و پیشینه

از اولین گام‌های توسعه آبیاری در دشت مغان بیش از ۵۰ سال می‌گذرد. در حالیکه اجرای پروژه‌های توسعه آبیاری در این دشت وسیع و پهناور همچنان ادامه دارد و انتظار می‌رود با برنامه‌های موجود، تا ۵۰ سال آینده نیز همچنان ادامه داشته باشد. اما بروز مشکل زهکشی در این دشت قدمتی نزدیک به ۲۰ سال دارد و مسئله تبعی آبیاری محسوب می‌گردد.

در سال ۱۳۴۶ سطح ایستابی در نواحی پایین دست اراضی دشت مغان در عمق حدود ۱۲ متری قرار داشت. در این سال برنامه اجرایی توسعه کلی دشت مغان به وسعت ۷۲۰۰۰ هکتار مازاد بر ۱۸۴۰۰ هکتار اراضی تحت آبیاری تا آن زمان، با همکاری مهندسین مشاورگید - ا.سی.ای آغاز شده و عملیات اجرایی آن در سال ۱۳۵۳ به پایان رسید و وسعت اراضی تحت آبیاری در این دشت به حدود ۹۰۰۰۰ هکتار بالغ گردید. پس از آغاز بهره‌برداری از شبکه عظیم آبیاری، سطح ایستابی در نواحی پایین دست دشت، تحت تأثیر بخش نفوذ یافته آبهای منتقل شده به منطقه و جریانات ورودی از بالادست، خیز پیدا کرده و در سال ۱۳۶۲ حداقل سطح ایستابی در این نواحی به حدود ۰/۲ متر رسید و بخش‌هایی از اراضی غرقاب گردید. گسترش اراضی زهدار بطور عمده در ناحیه موسوم به DC ها (پایین‌ترین تراس منطقه) و ناحیه زیر دست کانال A و نیز ناحیه بیله‌سوار بود که وسعت آن نهایتاً به ۱۲۸۰۰ هکتار رسید.

با بروز پدیده زهدارشدن اراضی و حاد شدن آن در این ناحیه، انجام مطالعات زهکشی به مشارکت مشاورین ایرانی و پاکستانی محول شد و اجرای طرح‌های ضربتی از سال ۱۳۶۴ آغاز گردید. در مقاطع زمانی مختلف بخش‌هایی از طرح که از اولویت برخوردار بودند به مورد اجرا گذاشته شد به گونه‌ای که تا سال ۱۳۷۵ قبل از انجام تجدیدنظر اساسی در طرح، سطحی بالغ بر ۵۸۵۰ هکتار تحت پوشش شبکه زهکشی قرار گرفت.

در سال ۱۳۷۵ ادامه اجرای طرح‌های زهکشی با استفاده از تسهیلات بانک جهانی موردنظر قرار گرفت و مقرر شد ابتدا طرح‌های موجود مورد بازنگری قرار گیرد. خط

مشی اصلی مشاورین طرح در تجدیدنظر و بازنگری در طرح، با توجه به تجارب موجود از اجرای بخش‌هایی از آن، صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی و کاهش حجم عملیات از طریق تجدیدنظر در مبانی طراحی و بهینه‌سازی آنها از جمله اصلاح ضریب زهکشی، کاهش عمق نصب زهکش‌ها، عمق کنترل سطح ایستابی و بالاخره افزایش فواصل زهکش‌ها بود. بر این اساس طرح‌های اجرائی در قالب ۳ قطعه جمعاً به وسعت ۶۶۰۰ هکتار تهیه و عملیات اجرائی مربوطه از سال ۱۳۷۶ آغاز شد. مشخصات قطعات اجرایی و احجام عملیات آن به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱ - مشخصات قطعات اجرایی و احجام عملیات مربوطه در اراضی باقیمانده شبکه

زهکشی دشت مغان

نام قطعه	موقعیت	وسعت ناخالص (هکتار)	طول لترال‌ها (Km)	طول جمع‌کننده‌ها (km)	تعداد منهول	تعدادسازه تخلیه به زهکش‌روپاز
MC-1/10	ناحیه تراس پائین (DC ها)	۳۰۰۰	۱۷۰	۴۶	۵۹۰	۱۲
MC-1/11	ناحیه تراس پائین (DC ها)	۱۲۰۰	۸۴	۲۷	۳۳۰	۷
MC-1/12	زیر کانال A بیله‌سوار و اولتان	۲۴۰۰	۹۰	۳۰	۳۷۳	۱۷

۲- مبانی طراحی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان

مبانی طراحی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان همانند مبانی طراحی اکثریت قریب به اتفاق طرح‌های زهکشی کشور به طور نظری برآورده شده و امکان بهره‌گیری از آزمایشات و کسب تجارب در مزارع آزمایشی فراهم نشده است. طراحی اولیه این طرح براساس آبیاری محصول یونجه با نیاز آبی ۱۸۴۰۰ مترمکعب در هکتار با در نظر گرفتن ۲۵ درصد نفوذ عمقی از مزارع و ۸ درصد از زهکش‌های سطحی صورت گرفته و بر این اساس ضریب زهکشی، معادل ۴/۵ میلیمتر در روز برآورد گردید. عمق نصب زهکش‌ها ۲/۲ متر و عمق کنترل سطح ایستابی برای شرایط غیر ماندگار ۱/۲ متر از سطح زمین در نظر گرفته شد. پس از اجرای بخش‌هایی از شبکه و مشاهده تخلیه کمتر از حد پیش‌بینی شده زهکش‌ها، نیاز به

انجام تجدیدنظر و بهینه‌سازی طرح قوت گرفت و در سال ۱۳۷۵ قبل از اجرای بخش‌های باقیمانده طرح، با تجدیدنظر اساسی در مبانی طراحی، ضریب زهکشی طرح براساس آبیاری محصول پنبه با نیاز آبی ۱۱۸۰۰ مترمکعب در هکتار و اعمال ۲۵ درصد از آب کاربردی در مزرعه به عنوان نفوذ عمقی به $2/8$ میلیمتر در روز کاهش یافت. ضمن اینکه عمق نصب زهکش‌ها به حدود $1/8$ و عمق کنترل سطح ایستابی به ۱ متر از سطح زمین برای شرایط ماندگار مورد توجه قرار گرفت، که در نتیجه فواصل زهکش‌ها به حدود ۲ برابر طرح قبلی افزایش و ظرفیت آنها کاهش یافت و بخش‌هایی از اراضی نیز از شمول طرح زهکشی خارج شد.

تجربه تجدیدنظر در مبانی طراحی شبکه زهکشی دشت مغان، پس از اجرای بخش‌هایی از طرح، نتایج روشنی در برداشته است. اولاً نشان داد که چنانچه مبانی طراحی صرفاً بر پایه نظری و بدون برپایی مزارع آزمایشی تعیین شود، به دلیل ضرورت حصول اطمینان از عملکرد آبی شبکه، طراحان ناگزیر به سمت افزایش ضریب اطمینان سوق می‌یابند و ثانیاً با توجه به استفاده از مشاهدات عملکرد شبکه احداث شده در بهینه‌سازی مبانی طراحی بقیه طرح، مفید و مؤثر بودن تجارب محلی و منطقه‌ای در طراحی زهکشی را اثبات کرد.

بطور کلی مبانی طراحی شبکه زهکشی دشت مغان پس از تجدیدنظر به شرح زیر

بوده است:

عمق نصب لترال‌ها	۲ - $1/8$ متر
عمق کنترل سطح ایستابی	۱ متر
ضریب زهکشی	$2/8$ میلی‌متر در روز
محصول مبنای طرح زهکشی	پنبه (نیاز آبی ۱۱۸۰۰ مترمکعب در هکتار)
هدایت هیدرولیک خاک	متغیر بین $0/5$ تا ۲ متر در روز
عمق لایه محدودکننده	در نواحی مختلف متفاوت و در بعضی نقاط به صورت پراکنده کمتر از ۵ متر
فواصل لترال‌ها	در نواحی مختلف متفاوت، حداکثر ۱۷۰ حداقل ۱۰۰ و بطور متوسط ۱۴۰ متر

شیب لترال‌ها

متناسب با شیب سطح زمین، حداقل

۰/۷ در هزار

طول خطوط لترال‌ها

حداقل ۳۰۰، حداکثر ۱۲۰۰ متر

از آنجا که شبکه زهکشی در اراضی با وضعیت توپوگرافی طبیعی و بدون انجام تسطیح اجرا شده است، طراحی آرایش لترال‌ها متناسب با وضعیت شیب اراضی و به صورت نامنظم بوده است. به این ترتیب که جمع‌کننده‌ها در خط‌القعرهای فرعی هر یک از زیر حوزه‌های زهکشی استقرار یافته‌اند و لترال‌های زهکشی متناسب با شیب طبیعی اراضی و در جهت آن آرایش داده شده‌اند. جمع‌کننده‌های هر زیر حوزه زهکشی در نزدیک‌ترین و مناسب‌ترین محل به زهکش روباز تخلیه می‌شوند.

۳- مشخصات فنی طرح زهکشی

در این طرح، برای اجرای لترال‌ها از لوله‌های پلاستیکی به قطر ۱۲۵ و ۱۶۰ میلیمتر استفاده شده است که زه‌آب اراضی را جمع‌آوری و از طریق جمع‌کننده‌های لوله‌ای به زهکش‌های روباز تخلیه می‌کنند. تخلیه‌گاه زهکش‌های روباز، زهکش مرزی و نهایتاً رودخانه ارس است.

در اطراف لوله‌های زهکشی از فیلتر شن و ماسه‌ای دانه‌بندی شده و به ضخامت حدود ۱۰ سانتی‌متر استفاده شده است که دانه‌بندی آن براساس معیار دفترنی عمران اراضی امریکا (USBR) تعیین شده است. اگر چه استفاده از این معیار برای طراحی دانه‌بندی فیلترها، در بعضی نواحی کشور (از جمله در شبکه زهکشی اراضی آبخور سد وشمگیر) موفقیت‌آمیز نبوده و با توجه به دانه‌بندی درشت‌تر حاصل از این معیار نسبت به معیارهای دیگر، نظیر معیار SCS، احتمال عبور ذرات خاک و گرفتگی لوله‌ها وجود دارد، در دشت مغان براساس تجارب طولانی مدت اجرای شبکه زهکشی، کاربرد این نوع فیلترها، که کم هزینه‌تر هستند، قرین موفقیت بوده و تاکنون هیچ گزارشی دال بر گرفتگی لوله‌ها از نظر عمل نکردن فیلترها، ارائه نشده است. این امر با توجه به بافت سنگین خاک‌های مغان و پایداری ساختمان آنها قابل توجیه است.

در مسیر خطوط لترالها به فاصله حدود ۲۵۰ متر و نیز در محل اتصال لترالها به جمعکنندهها از منهولهای بتنی به قطر ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر استفاده شده که قطعات آن در محل توسط پیمانکاران ساخته شده است. در محل تخلیه جمعکنندهها به زهکشهای روباز سازه مناسبی جهت حفاظت محل تخلیه پیش‌بینی گردیده است. لوله‌های زهکشهای جمعکننده از جنس بتون و به اقطار ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلیمتر هستند که توسط پیمانکاران طرح در کارگاه ساخته شده است. جمعکنندهها پس از دریافت زه‌آب، آن را تا نزدیک‌ترین زهکش روباز که چند سال قبل از اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی تعمیق شده‌اند، انتقال داده و تخلیه می‌کنند.

۴- نحوه انجام عملیات اجرایی

عملیات اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی به ترتیب براساس اولویت اجرایی به شرح زیر است:

- ۱- احداث زهکشهای جمعکننده
- ۲- احداث زهکشهای فرعی (لترالها)
- ۳- احداث سازه‌های تخلیه جمعکنندهها به زهکشهای روباز
- ۴- احداث منهولها در امتداد زهکشهای فرعی و در محل اتصال زهکشهای فرعی به جمعکنندهها

هر یک از عملیات فوق‌الذکر متناسب با مشخصات فنی طرح و با استفاده از روشهای اجرایی مناسب به انجام رسیده است.

جمعکنندهها از طریق حفاری ترانشه با بیل مکانیکی و رگلاژ آن و سپس ریختن مصالح درشت‌دانه در کف ترانشه و بسترسازی و کارگذاری لوله‌های بتونی با شیب و قطر معین و بندکشی قسمت بالای آن و بالاخره پرکردن ترانشه حاصله احداث شده‌اند.

زهکش‌های فرعی (لترال‌ها) با استفاده از ترنچرهای زهکشی (ترنچرهای interdrain و Barth-D30) با عمق و شیب معین کارگذاری شده و سازه‌های مورد نیاز با استفاده از ماشین‌آلات و نیروی کارگر احداث گردیده‌اند.

۵- نیروی انسانی و ماشینی مورد استفاده و راندمان پیشرفت کار

نیروی انسانی بکار گرفته شده در کارگاه توسط پیمانکار در طول عملیات اجرایی ۹۲ نفر بوده است که شامل ۴ نفر مهندس اعم از سرپرست کارگاه و مهندسین اجرایی و دفتر فنی، ۶ نفر تکنسین شامل تکنسین عملیات خاکی، بتن و نقشه‌بردار، ۴ نفر کارمند اداری و مالی، ۴۶ نفر کارگر فنی و ماهر و بالاخره ۳۲ نفر کارگر ساده است.

نیروی ماشینی بکار گرفته شده در کارگاه توسط پیمانکار در طول عملیات اجرایی جمعاً ۳۳ دستگاه بوده است که شامل ۲۸ دستگاه ماشین‌آلات سنگین، ۱۰ دستگاه ماشین‌آلات سبک، ۵ دستگاه انواع ماشین‌آلات خاص بتن، حمل گراول و ژنراتور است.

با نیروهای بکار گرفته شده فوق سرعت پیشرفت هریک از اجزای عملیات اجرایی به شرح زیر بوده است:

سرندهن و ماسه	۹۰ متر مکعب در روز
لوله‌سازی	۲۰۰ متر در روز
ساخت منهول	۱۰ متر در روز
نصب جمع‌کننده‌ها	۱۵۰ متر در روز
نصب لترال‌ها (عملکرد ترنچر)	۴۵۰ متر در روز

۶- شاخص‌های هزینه‌ای

هزینه‌های اجرایی برای قطعات MC-I/10 و MC-I/11 که در قالب یک پیمان به مورد اجرا گذاشته شده، براساس قرارداد پیمانکار بالغ بر ۱۰/۷ میلیارد ریال (براساس قیمت‌های پایه سال ۱۳۷۶) بوده که با توجه به وسعت اراضی این پیمان

(۳۶۰۰ هکتار خالص)، هزینه اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی در سال مبنا به میزان حدود ۳ میلیون ریال در هکتار گردید.

شاخص‌های هزینه‌ای هر یک از اجزا شبکه زهکشی در جداول ۲ تا ۴ نشان داده شده است لازم به ذکر است که در هزینه اجرای لترال‌ها، هزینه احداث منهول‌ها و هزینه شناور تجهیز کارگاه، و در هزینه اجرای جمع‌کننده‌ها کلیه هزینه‌های تولید، حمل و نصب لوله، حمل و ریختن فیلتر، تولید، حمل و نصب منهول، اجرای سازه خروجی و هزینه‌های شناور کارگاهی منظور شده است.

جدول ۲- هزینه‌های اجرایی زهکشهای زیرزمینی (۱۳۷۶)

قیمت کل * (میلیون ریال)	قیمت اجرای یک مترلترال (ریال)	قیمت یک مترلوله (ریال)	قیمت نصب مترلوله (ریال)	هزینه حمل یک مترلوله (ریال)	فیلتر مصرفی برای یک متر (m^3)	طول لوله مورد نیاز (متر)	قطر لوله (mm)
۳۶۷۵	۱۷۵۰۰	۵۷۵۰	۲۰۵۰	۷۶۰	۰/۱۷	۲۱۰۰۰۰	۱۲۵
۸۴۵	۲۱۵۰۰	۸۰۵۰	۲۰۵۰	۱۱۴۰	۰/۱۸	۳۹۳۰۰	۱۶۰
۲۲۸	۲۴۵۰۰	۱۱۵۰۰	۲۰۵۰	۱۷۰۰	۰/۱۸	۹۳۰۰	۲۰۰
۴۷۴۸	جمع هزینه‌های اجرای لترال‌ها (میلیون ریال)						

* در قیمت اجرای لترال‌ها هزینه احداث منهول‌ها و هزینه شناور تجهیز کارگاه منظور شده است

جدول ۳- هزینه‌های اجرای جمع‌کننده‌ها (۱۳۷۶)

جمع هزینه احداث جمع‌کننده‌ها (میلیون ریال)	طول جمع‌کننده‌ها (متر)	هزینه احداث یک متر جمع‌کننده (ریال)
۵۶۹۴	۷۳۰۰۰	۷۸۰۰۰

* در هزینه جمع‌کننده‌ها، کلیه هزینه‌های تولید، محل و نصب لوله، محل و ریختن فیلتر، تولید، حمل و نصب منهول، اجرای سازه خروجی و هزینه‌های شناور کارگاهی منظور شده است.

جدول ۴- شاخص‌های کلی هزینه‌ای و تفکیک هزینه‌ها

وسعت اراضی (ناخالص) (هکتار)	وسعت اراضی (خالص) (هکتار)	طول جمع‌کننده (متر)		طول لترال (متر)		هزینه‌های اجرائی (میلیون ریال)		نسبت هزینه جمع‌کننده‌ها به لترال‌ها	
		کل	درهکتار	کل	درهکتار	کل	درهکتار	کل	درهرمتر
۴۲۰۰	۳۶۰۰	۷۳۰۰۰	۲۰/۳	۲۵۴۰۰۰	۷۰/۵	۱۰۶۵۶	۲/۹۶	۱/۲۰	۴/۱۷

۷- تجارب حاصل از طراحی و اجرای شبکه زهکشی دشت مغان

۱- طراحی و اجرای شبکه زهکشی در دشت مغان بطور ناپیوسته از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۷۹ به طول انجامیده است و در این مدت علاوه بر طراحی اولیه، تغییرات و تجدیدنظری در مبانی و مشخصات فنی طرح در مقاطع زمانی مختلف به انجام رسیده و در اجرای آن نیز شیوه‌های گوناگون مدیریت اجرا اعم از اجرای پیمانکاری، امانی و مدیریت پیمان بکار گرفته شده است.

طولانی شدن دوره اجرا اگر چه از طریق مشاهده عملکرد بخش‌های اجرا شده موجب اصلاحات و بهینه‌سازی‌هایی در طرح گردیده است، لیکن این امر خود زمینه ناهماهنگی بخش‌های مختلف اجرا شده و فقدان یکنواختی در آن نیز شده است. به گونه‌ای مثلاً بخش‌هایی از طرح با لوله‌های سفالی و بخشی دیگر با لوله‌های پلاستیکی اجرا شده و همچنین قطعاتی مطابق با نقشه‌های اجرایی اولیه، قطعات دیگری به صورت زهکش‌های یک در میان و قطعاتی نیز براساس نقشه‌های تجدیدنظر شده اجرا گشته و در بخشی از اراضی نیز صرفاً جمع‌کننده‌ها احداث شده است. در حال حاضر به استثنای بخش اخیراً اجرا شده، هیچ نقشه شبکه اجرا شده^(۱) از سایر قطعات در دسترس نبوده و این امر با توجه به عدم امکان مدیریت بهره‌برداری یا انجام اقدامات ترمیمی، عمر مفید شبکه را تا حدود زیادی کاهش داده و سرمایه‌گذاری انجام یافته را کم اثر خواهد ساخت.

۲- انجام تجدیدنظر در طراحی اولیه و کاهش چشمگیر ضریب زهکشی و عمق نصب و ظرفیت زهکش‌ها براساس مشاهدات صحرایی بخش اجرا شده، فایده و ضرورت استفاده از مزارع آزمایشی و تجربی در طراحی زهکشی را نمایان ساخت. فقدان اطلاعات محلی و تجربی و اتکاء صرف به مبانی نظری در طراحی زهکشی، موجب اتخاذ ضرایب اطمینان بیش از حد و نیز سنگین و پرهزینه‌تر شدن طرح‌های زهکشی می‌گردد. اگر چه نیاز به پریایی مزارع آزمایشی برای استخراج مبانی طراحی زهکشی غالباً مورد توصیه کارشناسان و مشاوران بوده است، لیکن بایستی مقرراتی وضع شود که مجریان و کارفرمایان را ملزم گردانند.

۳- در حین اجرای شبکه زهکشی دشت مغان، بعضاً اختلافات قابل توجهی بین ترازهای نقشه‌های پایه و تراز اراضی مشاهده گردید که با نقشه‌برداری مجدد مسیرها، تراز مبنای نصب زهکش‌ها توسط دستگاه نظارت اصلاح گردید. دلیل این اختلافات هر چه باشد، ضرورت حضور دستگاه نظارت به ویژه نظارت مؤلف بر اجرای شبکه زهکشی را نمایان می‌سازد. در دشت مغان بخش‌هایی از شبکه زهکشی بدون نظارت مهندسین مشاور به صورت امانی به مورد اجرا گذاشته شده است. از آنجا که طراحی زهکش‌های زیرزمینی از نظر عمق نصب و شیب و ظرفیت لوله، با توجه به مبانی طرح، براساس ترازهای مندرج بر روی نقشه‌های پایه صورت می‌گیرد، در شرایط وجود هرگونه اختلاف بین ترازهای واقعی سطح اراضی با نقشه‌های پایه (مثلاً به دلیل گذشت زمان و انجام تسطیح یا هموارسازی در این فاصله و یا اشتباهات نقشه‌ها) اجرای طرح مطابق نقشه‌های اجرایی، مختل شدن مبانی طراحی از نظر عمق نصب و عمق کنترل سطح ایستابی و ظرفیت لوله‌ها را به همراه خواهد داشت. به عنوان مثال چنانچه عمق نصب زهکش‌ها ۲ متر و عمق کنترل ۱ متر و تراز سطح زمین از روی نقشه‌های پایه ۸۰ باشد، در این صورت تراز نصب لوله‌ها ۷۸ است که بر روی نقشه‌های اجرایی درج شده است. حال چنانچه تراز واقعی سطح زمین در زمان اجرا به هر دلیلی به جای ۸۰، ۷۹/۵ باشد، در صورت اجرای این نقشه‌ها علیرغم صحت کار پیمانکار و تأیید ناظرین اجرا، عمق نصب ۱/۵ متر و عمق کنترل ۰/۵ از سطح زمین خواهد بود که نشان‌دهنده محقق نشدن مبانی پیش‌بینی شده

است. این مسئله در صورت تغییر شیب اراضی نسبت به نقشه‌های پایه نیز صدق می‌کند. نظارت مؤلف علاوه بر نظارت بر صحت اجرا، تحقق مبانی طراحی را نیز مدنظر داشته و اصلاحات فنی مورد نیاز جهت نیل به اهداف طرح را به انجام می‌رساند.

۴- در برآورد آحاد بهای اجرای زهکش‌های زیرزمینی و جمع‌کننده‌ها، انجام شستشوی لوله‌ها پس از نصب نیز منظور شده است. لیکن در سطح کشور به این مسئله کم توجهی شده و می‌توان گفت که بیشتر پیمانکاران شبکه‌های زهکشی از اجرای این قسمت از عملیات سرباز زده و اصولاً فاقد ابزار و تجهیزات لازم برای آن هستند. با توجه به اینکه حین اجرا معمولاً خاک یا شن و ماسه فیلتری وارد لوله‌ها می‌شوند، به ویژه با توجه به ضعف اساسی در مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های زهکشی در کشور، لازم است انجام این بخش از عملیات اجرای زهکش‌ها با جدیت مورد توجه قرار گرفته و در زمان عقد قراردادهای پیمانکاری و نیز در حین اجرا، از پیمانکاران خواسته شود.

۵- معمولاً دستگاه‌های اجرایی شبکه‌های زهکشی در کشور ما، توجه اصلی خود را معطوف به اجرا و راه‌اندازی پروژه کرده و برای مرحله بهره‌برداری و نگهداری از آن، برنامه‌ای تهیه نمی‌شود. تقریباً بیشتر طرح‌های زهکشی اجرا شده در کشور در اراضی خصوصی، پس از تحویل گرفتن از پیمانکار، رها شده و متولی نگهداری و بهره‌برداری معینی ندارند. در دشت مغان در بخش‌هایی از اراضی که شبکه زهکشی آن قبلاً احداث شده، بیشتر منهول‌ها فاقد درپوش بوده و مواد خارجی زیادی در کف آنها و در درون لوله‌های جمع‌کننده مشاهده می‌گردد. این در حالی است که برنامه بهره‌برداری و نگهداری از زهکش‌های زیرزمینی در دشت مغان توسط مشاور مربوطه تهیه و ارائه شده است. عملکرد مطلوب شبکه زهکشی اجرا شده و بقای آن در طول عمر مفید، مستلزم توجه به امر بهره‌برداری و نگهداری و نیز مشخص شدن متولی آن می‌باشد. در این زمینه توجه به جلب مشارکت کشاورزان نه تنها از جنبه مالی، بلکه همچنین از نظر مدیریت و نگهداری از زهکش‌ها مؤثر است.

ترنچرهای زهکشی در ایران^(۱)

اردوان آذری^(۲)

چکیده

اطلاعات ترنچرهای موجود در ایران از طریق تهیه و تکمیل پرسشنامه در سطح کلیه شرکت‌ها و سازمانهای دارای اینگونه ماشین‌ها و تهیه سایر اطلاعات مورد نیاز از منابع مختلف در کشور، جمع‌آوری شده است. جمعاً ۴۳ دستگاه ترنچر در کشور وجود دارد که در اختیار شرکت‌های پیمانکاری دولتی و خصوصی و شرکت توسعه نیشکر قرار دارند. مجموع قدرت اسمی ترنچرهای موجود حدود ۱۷۰۰۰ اسب بخار و عملکرد خالص آنها در خاک‌های سبک، متوسط و سنگین به ترتیب ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ متر در ساعت است. با ترنچرهای موجود در کشور می‌توان سالانه حدود ۳۴۰۰۰ هکتار زهکشی اجرا کرد و تا استهلاك کامل آنها می‌توان حدود ۱۳۰۰۰۰ هکتار عملیات اجرایی در مدت ۶ سال به انجام رسانید. بررسی کیفیت اجرای زهکش‌ها با ماشین‌های موجود حاکی از رسیدن به حد رواداری‌های مجاز در نصب لوله‌ها بوده ولی ترجیحاً بایستی از ترنچرهای مجهز به سیستم کنترل شیب لیزری استفاده شود.

۱- مقدمه

موضوع جمع‌آوری اطلاعات ترنچرهای موجود در ایران، در سال ۱۳۷۴ در برنامه‌های گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی گنجانیده شد که طی آن به موازات برنامه تهیه شناسنامه شبکه‌های زهکشی احداث شده در کشور، اهدافی به شرح زیر تعقیب می‌شد:

۱- ارائه شده در کارگاه فنی «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران،

تهران - ۱۳۷۸

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کارشناس مهندسین مشاور آب‌ورزان

- تهیه بانک اطلاعاتی ماشین‌آلات زهکشی به منظور اطلاع از پتانسیل‌های اجرایی موجود در کشور و مشخصات ماشین‌های موجود.
- جمع‌آوری تجارب و اطلاعات کاربران ماشین‌ها در زمینه عملکرد ترنچرها تحت شرایط گوناگون و شناخت نقاط قوت و ضعف آنها و در صورت امکان ارائه توصیه‌های لازم جهت انتخاب ماشین بهتر.
- اطلاع از توزیع جغرافیایی ترنچرها و نیز اطلاع از نوع مالکیت آنها (خصوصی یا دولتی).
- اطلاع از آمادگی به کار ترنچرهای موجود در مقایسه با ترنچر نو و برآورد مجموع باقیمانده عمر مفید آنها.
- جمع‌آوری، تدوین و انتقال هر گونه تجربه مفید از به کارگیری انواع ترنچرها. برای دستیابی به اهداف فوق‌الذکر، پرسشنامه‌هایی تهیه و به کلیه ارگان‌ها، پیمانکاران و سازمان‌هایی که احتمال داده می‌شد که ماشین‌هایی از این نوع در اختیار داشته باشند، ارسال گردید. در این پرسشنامه‌ها اطلاعاتی از قبیل مشخصات فنی و عمومی ماشین‌ها، عملکرد آنها در شرایط مختلف و عملیات مورد نیاز سرویس و نگهداری آنها درخواست شده بود. گرچه گروه کار در نظر داشت برای کلیه ماشین‌های موجود در کشور، هر یک، یک پرسشنامه به مثابه شناسنامه آن تهیه کند، ولی در این کار موفق نبود و تعدادی از پیمانکاران و شرکت‌های خصوصی فقط در مورد بعضی از این ماشین‌ها اطلاعاتی ارسال کردند.
- در ادامه این کار به منظور تکمیل اطلاعات مورد نیاز، فرمی در یک برگ تهیه و مجدداً ارسال شد. از جمله اطلاعات درخواستی در این فرم، نوع و مدل ماشین، سال ساخت، سال شروع به کار، میزان کارکرد، درصد آمادگی به کار در مقایسه با ماشین نو، محل استقرار و همچنین طرح‌های زهکشی استفاده شده، بود.
- با دریافت فرم‌های تکمیل شده، اطلاعات خلاصه‌ای از کلیه ترنچرهای موجود در کشور جمع‌آوری شد که از طریق تجزیه و تحلیل اطلاعات دریافتی، وضعیت ترنچرهای موجود در کشور مشخص گردید. همچنین در این تحقیق از نتایج بررسی‌های بعمل آمده در زمینه عملکرد ترنچرها در نقاط مختلف کشور و اطلاعات تعداد زیادی از کارشناسان با سابقه کشور استفاده شده است.

۲- سوابق استفاده از ترنچرها در زهکشی اراضی

استفاده از ماشین‌های مخصوص به منظور نصب زهکش‌های زیرزمینی، از سال‌های دهه ۱۹۴۰ به بعد در جهان متداول گردیده است. در ابتدا، کار این ماشین‌ها عمدتاً حفر ترانشه و بیرون آوردن خاک حاصله بود و عملیات مربوط به لوله‌گذاری و فیلترریزی و پر کردن ترانشه، با دست و توسط نیروی کارگر صورت می‌گرفت. از اواسط دهه ۱۹۵۰ ماشین‌های مخصوص حفر ترانشه و کارگذاری لوله و فیلتر که کلیه عملیات مزبور را به صورت همزمان انجام می‌داد، به بازار عرضه شد. استفاده از این نوع ماشین‌ها به ویژه پس از تولید و عرضه لوله‌های پلاستیکی نازک (صاف و خرطومی) در اوایل دهه ۱۹۶۰ بیشتر متداول گردید.

از نظر مکانیسم سیستم حفار، در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ ماشین‌های حفاری گردونه‌ای^(۱) متداول بود، لیکن در دهه ۱۹۶۰ این ماشین‌ها جای خود را به ترنچرهای زنجیری دادند که به مثابه تکنولوژی جدیدتری محسوب می‌شدند.

امروزه ترنچرها در انواع متنوعی از تراکتورهای کوچک با عمق حفاری یک متر با توان حدود ۱۰۰ اسب‌بخار تا ماشین‌های سنگین برای نصب لوله‌های قطر جمع‌کننده در اعماق حدود ۵/۳ متر با توان بیش از ۴۰۰ اسب بخار ساخته و عرضه می‌شوند. ادوات حفار در ترنچرهای امروزی عمدتاً زنجیر به هم پیوسته‌ای است که بر روی آن تیغه‌های حفار نصب شده‌اند. عمق و عرض ترانشه قابل حفر توسط ترنچرهای زنجیری از طریق جابجایی و تنظیم ادوات حفاری بر روی آن قابل تغییر است.

اغلب ترنچرهای امروزی مجهز به سیستم کنترل شیب لیزری هستند و از این طریق سرعت کار افزایش و کارآیی نصب بیشتر شده است. در شرایط خاک‌های سنگین در مناطق خشک (نظیر ایران) برای نصب زهکش‌ها در عمق ۲ تا ۲/۵ متر عملکرد ترنچرها حدود ۶۰ تا ۱۰۰ متر در ساعت است.

به منظور آشنایی با برخی از انواع ترنچرهایی که در حال حاضر در سطح دنیا تولید و عرضه می‌شوند، مشخصات فنی تعدادی از ترنچرهای ساخت کشورهای مختلف گردآوری و خلاصه‌ای از اطلاعات مندرج در کاتالوگ‌های ارائه شده توسط سازنده‌های آنها در جدول ۱ درج شده است.

۳- سوابق استفاده از ترنچ‌های زهکشی در ایران

احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی نوین اولین بار در دهه ۱۳۱۰ در نواحی جنوبی کشور (بوشهر و خوزستان) صورت گرفته است. سوابق اولین کاربرد ماشین در احداث زهکش‌های روباز به حدود سال‌های ۱۳۳۵ در اراضی شاوور خوزستان بر می‌گردد که در چارچوب اصل چهار ترومن پس از جنگ جهانی دوم به انجام رسیده است. زهکشی زیرزمینی با استفاده از لوله‌های سفالی (تنبوشه)، ابتدا در مقیاس کوچک (حدود ۵۰۰ هکتار) در سال‌های ۴۲ - ۱۳۴۱ در اراضی باغ کشاورزی اهواز محل فعلی دانشگاه جندی شاپور (در ملاثانی) اجرا شد که در آن از نیروی کارگر استفاده بعمل آمد.

در حدود سال‌های ۱۳۴۰ به بعد، یک دستگاه ترنچر (موسوم به ترنچ لاینر) با مارک بارت یا جان آلن برای مقاصد تحقیقاتی توسط مهندسی زراعی خوزستان وارد ایران شد. این دستگاه کوچک قادر به حفاری تا عمق حداکثر ۲ متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر بود که در مزرعه نمونه مهندسی زراعی خوزستان مورد استفاده قرار گرفت.

اولین طرح زهکشی زیرزمینی بطور گسترده در سطحی به وسعت ۱۱۰۰۰ هکتار از اراضی کشت و صنعت نیشکر هفت تپه خوزستان به انجام رسید. کار نصب زهکش‌ها با استفاده از ۳ دستگاه ترنچر با مارک «پارسونز» ساخت آمریکا انجام یافت. این ماشین‌ها از نوع ابتدایی ترنچ‌های چرخ زنجیری بود که تنها کار حفر ترانشه و بیرون ریختن خاک از آن را انجام می‌داد. نصب لوله‌های زهکشی (تنبوشه‌ها) از طریق نیروی کارگر و در داخل ترانشه حفاری شده صورت می‌گرفت و پس از ریختن شن و ماسه فیلتری در زیر و بالای لوله، ترانشه توسط گریدر پر می‌شد.

از سال ۱۳۵۵ عملیات زهکشی زیرزمینی در سطح گسترده در کشت و صنعت کارون انجام گرفت که ابتدا در ۶۰۰۰ هکتار (از ۲۰۰۰۰ هکتار) با استفاده از ۱۳

دستگاه ترنچر با مارک کورینگ^(۱) ساخت امریکا زهکش‌های زیرزمینی احداث گردیدند. بعدها ترنچرهای نوع بارت^(۲) نیز در این طرح بکار رفت. تا قبل از انقلاب اسلامی به جز دو طرح یاد شده، در سال‌های حدود ۱۳۵۳-۵۴ شبکه زهکشی زیرزمینی اراضی آبخور سد وشمگیر و مزرعه نمونه ارتش در دشت گرگان با استفاده از ترنچرهای بارت توسط پیمانکاران داخلی اجرا گردید.

پس از انقلاب اسلامی طرح‌های زهکشی در مناطق دشت مغان و دالکی نیز به انجام رسیده است که در آنها هم از همان ماشین‌آلات ذکر شده استفاده به عمل آمده است. بالاخره در سال‌های اخیر در طرح‌های هفت‌گانه توسعه نیشکر و صنایع جانبی و طرح نیشکر میان آب در خوزستان و نیز طرح‌های زهکشی زابل و بهبهان و اوکالیپتوس در شمال خرمشهر از ماشین‌آلات زهکشی با مارک‌های مختلف بطور گسترده‌ای استفاده شده است که اطلاعات آنها براساس جمع‌آوری پرسشنامه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

۴- تعداد و مشخصات ترنچرهای موجود در کشور و مالکیت آنها

اطلاعات مندرج در پرسشنامه‌ها و فرم‌های تکمیل شده مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس تعداد و سایر مشخصات ترنچرهای موجود در کشور تعیین گردید. لازم به ذکر است که این بررسی‌ها شامل ترنچرهای موجود در شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر هفت تپه، کارون و میان آب نمی‌گردد. چرا که ترنچرهای موجود در این شرکت‌ها اختصاصاً برای کارهای ترمیمی و تکمیلی در اراضی این شرکت‌ها استفاده می‌شود. همچنین از نظر زمانی این بررسی مربوط به سال ۱۳۷۷ می‌باشد.

خلاصه بخشی از اطلاعات استخراج شده از پرسشنامه‌ها و فرم‌ها در جدول ۲ درج شده است. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد جمعاً ۴۳ دستگاه ترنچر در کشور موجود است که آمادگی به کار آنها بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد است. این ترنچرها بطور

1 - Koering

2 - Barth

عمده شامل انواع بارت دی ۳۰^(۱)، اینتردرین ۳۰۳۵ اچ تی^(۲) و ترنکورجتکو ۱۰۳۰ دی^(۳) است. که شکل ظاهری آن‌ها در شکل ۱ ارائه شده است.

بیشترین تعداد ترنچر را شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور به تعداد ۱۷ دستگاه با مدل‌های مختلف دارد. همچنین بیشترین تعداد ماشین‌ها در خلال سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۳ وارد کشور شده‌اند که عمدتاً توسط شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی تهیه و در اختیار پیمانکاران طرح قرار گرفته است. این شرکت جمعاً ۲۵ دستگاه ترنچر خریداری کرده است که ۱۰ دستگاه آن اینتردرین و ۱۵ دستگاه ترنکورجتکو بوده است. از این ماشین‌ها ۲۰ دستگاه در اختیار پیمانکاران گذاشته شده و ۵ دستگاه در اختیار خود شرکت قرار گرفته است. از نظر محل استقرار ماشین‌ها ۳۳ دستگاه در اهواز، ۲ دستگاه در زابل، ۲ دستگاه در بهبهان، ۳ دستگاه در بوشهر (دالکی)، ۱ دستگاه در شیراز و ۲ دستگاه در ساری بوده‌اند. همچنین ۱۲ دستگاه در حد ۱۰۰ درصد، ۲۱ دستگاه در حد ۷۵ درصد و ۹ دستگاه تا ۵۰ درصد آمادگی به کار در مقایسه با ماشین نو داشته‌اند.

1 - Barth D30
2 - Interdrain 3035 HT
3 - Trenchor – Jetco 1030 D

۵- مشخصات فنی ترنچرهای موجود در کشور

اطلاعات مربوط به مشخصات فنی ترنچرهای موجود در کشور در جدول ۳ ارائه شده است. این جدول طبق اظهار مدیران فنی شرکت‌های دارنده ماشین‌های مذکور و براساس اطلاعات سازنده این ماشین‌ها از طریق پرسشنامه‌های یاد شده بدست آمده است.

از نظر قدرت اسمی، بالاترین توان برای ماشین‌های اینتردرین مدل ۳۰۳۵ اچ‌تی به میزان ۴۲۲ اسب بخار اعلام شده است. براساس طبقه‌بندی‌های موجود ترنچرها در منابع علمی، ترنچرهای با قدرت بیش از ۴۲۰ اسب بخار در گروه IV و برای حفاری تا اعماق بیشتر از ۳/۵ متر طبقه‌بندی شده‌اند در حالیکه در کشور ما عمق نصب زهکش‌ها بندرت از ۲/۵ متر فراتر می‌رود و عمدتاً تا ۲/۲ متر می‌باشد. توان اسمی ترنچرهای ترنکورجتکو مدل ۱۰۳۰ دی، به میزان ۴۰۲ اسب بخار و ترنچرهای بارت مدل دی ۳۰ برابر با ۳۶۳ اسب بخار اعلام شده است. ترنچر استنبرگن مدل جی‌اس‌اس^(۱) با توان اسمی ۲۰۰ اسب بخار در پرسشنامه‌های مربوطه ماشین ضعیفی عنوان شده است که قادر نیست بیش از ۱/۹ متر حفاری انجام دهد.

به نظر می‌رسد در حال حاضر برای اظهارنظر قاطعی در زمینه مناسب‌ترین توان اسمی ترنچر برای شرایط خاک‌های ایران و مشخصات فنی طرح‌های زهکشی در کشور، تجارب مدون کافی وجود نداشته باشد؛ لیکن براساس تجارب موجود از عملکرد این ماشین‌ها، حداقل توان اسمی ۳ مدل فوق (۳۶۰ اسب بخار) می‌تواند یک حداقل توان مورد نیاز برای ترنچرها در خاک‌های ایران محسوب شود. در عین حال با توجه به قیمت زیاد ترنچرها (حدود ۳۵۰۰۰۰ دلار) و افزایش آن متناسب با افزایش توان ماشین، برای تعیین توان بهینه مورد نیاز ترنچرها در شرایط کشور ما که ملاحظات فنی و اقتصادی را نیز شامل گردد، انجام تحقیق، بررسی و مقایسه بین ترنچرهای موجود و مدل‌های مناسب محتمل دیگر می‌تواند بسیار سودمند باشد.

با توجه به توان اسمی ترنچرهای موجود، می‌توان گفت که بطور نظری در حال حاضر در کشور پتانسیلی به میزان حدود ۱۷۰۰۰ اسب بخار (اسمی) موجود است که شامل ۴۳ دستگاه ترنچر با قدرت اسمی متوسط ۳۹۰ اسب بخار می‌گردد.

۶- عملکرد ترنچرهای زهکشی موجود در کشور

عملکرد خالص ترنچرها بستگی به عمق نصب زهکش‌ها، نوع خاک، ابعاد مزرعه، شرایط آب و هوایی و نهایتاً مدیریت و سازماندهی عملیات دارد. به این ترتیب ارقام گزارش شده برای عملکرد دستگاه‌ها بایستی با توجه به شرایط گوناگون بهره‌برداری و آنچه که فوقاً ذکر شد، در نظر گرفته شود. جدول ۴ خلاصه اطلاعات مربوط به عملکرد دستگاه‌ها در شرایط مورد نظر را نشان می‌دهد.

براساس ارقام مندرج در این جدول عملکرد ترنچرهای موجود برای حفاری به عمق ۲ تا ۲/۵ متر و با عرض ترانشه ۰/۳۳ تا ۰/۵۰ متر بسته به بافت خاک‌ها بین ۴۰ تا ۱۶۰ متر در ساعت گزارش شده است. البته ارقام ارائه شده قطعی نیستند و براساس اعلام نظر کاربران ثبت شده است. با این حال، هم تجارب موجود از نقاط مختلف کشور و هم اطلاعات حاصل از پرسشنامه‌های مورد نظر نشان می‌دهد که در یک جمع‌بندی کلی می‌توان عملکرد ماشین‌های زهکشی با قدرت معمول حدود ۳۶۰ اسب بخار را برای خاک‌های سبک، متوسط و سنگین برای کشور ما به طور میانگین به ترتیب ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ متر در ساعت در نظر گرفت. البته ارقام ذکر شده رقم خالص عملکرد بوده و در حین اجرا با توجه به افت‌های زمانی ناشی از مدیریت و برنامه‌ریزی اجرا، تعمیرات و مشخصات فنی طرح، ارقام عملکرد کمتر از آنچه که در فوق ذکر شده، می‌باشد.

۷- پتانسیل اجرایی شبکه زهکشی در کشور

چنانچه متوسط عملکرد ماشین‌های ترنچر حدود ۶۰ متر در ساعت فرض شده و همواره ۸۰ درصد از این ماشین‌ها برای ۱۰ ساعت کار در روز آماده به کار باشند، در این صورت با بسیج کلیه ماشین‌های موجود، در هر روز معادل ۲۰ کیلومتر زهکش احداث می‌شود. با در نظر گرفتن فواصل متوسط زهکش‌ها معادل ۸۰ متر، وسعت اراضی‌ای که می‌توانند تحت عملیات زهکشی قرار گیرند، به حدود ۱۶۰ هکتار در روز بالغ می‌گردد که با در نظر گرفتن ۲۱۰ روز کاری در سال، میزان پتانسیل اجرای زهکش‌های زیرزمینی بطور سالانه معادل ۳۴۰۰۰ هکتار می‌شود. البته این رقم فرضی بوده و بدون اعمال عمر مفید دستگاه‌ها حاصل گردیده است. چنانچه عمر مفید یک دستگاه ترنچر نو ۱۰۰۰۰ ساعت در نظر گرفته شود و عمر مفید باقیمانده دستگاه‌های موجود بطور متوسط ۸۰۰۰ ساعت منظور شود، اگر ۲۰ درصد از ماشین‌های موجود برای کارهای ترمیمی اختصاص یابد و بقیه برای احداث شبکه‌های جدید مورد استفاده قرار گیرد، در این صورت با ماشین‌های موجود در کشور تا استهلاك آنها می‌توان حدود ۱۳۰۰۰۰ هکتار از اراضی را زهکشی کرد. در صورتیکه برنامه توسعه شبکه‌های جدید از نظر تأمین اعتبارات، زهکشی حدود ۲۰۰۰۰ هکتار از اراضی را به طور سالانه شامل گردد، با ماشین‌آلات موجود می‌توان تا ۶ سال مبادرت به عملیات اجرایی کرد.

البته با توجه به استفاده از ماشین‌آلات در کشور به میزان بیش از عمر مفید آنها، پیش‌بینی می‌شود به کارگیری این ماشین‌ها با فرضیات ذکر شده طولانی‌تر از زمان فوق باشد.

۸- بررسی کیفیت اجرای زهکش‌های زیرزمینی با ماشین‌های موجود

دقت کارگذاری لوله‌های زهکشی در شبکه زهکشی طرح نیشکر میرزا کوچک‌خان، (ترنچر اینتردرین) طرح توسعه کشت اوکالیپتوس (ترنچر بارت) و شبکه زهکشی دشت مغان (ترنچر اینتردرین) مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج آن در نمودارهای ۱ تا ۳ ارائه شده است. ترنچر مورد استفاده در طرح اوکالیپتوس با کنترل شیب

مکانیکی (چشمی) و در دو مورد دیگر، با کنترل شیب لیزری بوده است. این نمودارها نشان می‌دهند که در هر سه مورد با استفاده از هر دو ماشین با دو سیستم کنترل شیب متفاوت (چشمی و لیزری) علیرغم تغییرات ترازهای نصب لوله‌های زهکشی و اختلافات موجود در فواصل کوتاه، بطور کلی خطوط لوله در رواداری‌های مجاز نصب شده‌اند و عدول‌های بارزی به چشم نمی‌خورد. در یک مورد، در قسمت وسط لوله شیب منفی قابل توجهی دیده می‌شود که علت آن بالا آوردن لوله برای نصب سه راهی بوده که قبل از پر کردن ترانشه اصلاح شد.

در این بررسی با توجه به قطر لوله‌ها (۱۲۵ و ۱۶۰ میلیمتر) و استفاده از فیلترهای شن و ماسه به ضخامت حداقل ۱۰ سانتی‌متر، میزان رواداری مجاز ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است.

نتیجه اینکه گرچه ماشین‌آلات فاقد سیستم کنترل شیب لیزری در صورتیکه توسط اپراتورهای مجرب و تحت شرایط رفاهی مطلوب هدایت شود، می‌توانند دقت کاری تا حد دستگاه‌های مجهز به سیستم لیزری داشته باشند، با این حال برای اجرای عملیات زهکشی در سطح گسترده و در زمان‌های طولانی، استفاده از سیستم کنترل شیب لیزری اجتناب‌ناپذیر بوده و کارائی بیشتری دارد. در حال حاضر استفاده از کنترل‌های لیزری روز بروز رواج بیشتری یافته و جایگزین روش‌های مکانیکی می‌گردد.

۹- نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به ویژگی‌های عمومی طرح‌های زهکشی در کشور ما، یک ماشین مناسب اجرای زهکش‌های زیرزمینی در ایران، بایستی حداقل ویژگی‌هایی به شرح زیر داشته باشد:

- امکان نصب زهکش تا عمق ۲/۵ متر و به عرض ۰/۵ متر. در این صورت حداقل توان مورد نیاز حدود ۳۵۰ اسب بخار خواهد بود.

- قابلیت تنظیم عرض ترانشه (تا حداقل ۲۵ سانتی‌متر) با توجه به رواج استفاده از فیلترهای شن و ماسه‌ای در کشور و کمبود و پرهزینه بودن تهیه این نوع فیلترها.

- کم بودن نیازهای تعمیراتی.

- سهولت تأمین قطعات یدکی، به ویژه قطعات مربوط به سیستم حفار.

- امکان استفاده از کفشک‌های کمکی برای سهولت کار در اراضی باتلاقی.

- مجهز بودن به سیستم کنترل شیب لیزری.

- دارا بودن گارانتی برای مدت کافی یا برای ساعات کار کافی از زمان تحویل و ضمانت تأمین قطعات در طول عمر مفید (وارنتی).

- داشتن تسمه نقاله یا حلزونی برای کنار زدن خاک‌های حاصل از حفاری با توجه به شرایط مناطق مورد استفاده و میزان چسبندگی خاک‌ها.

همچنین موكداً توصیه می‌شود در انتخاب ماشین‌ها، به ادعای سازندگان آنها در زمینه توان اسمی اکتفا نشده و عملکرد واقعی ماشین در نظر گرفته شود. مقایسه عملکرد ترنچرهای موجود در کشور با توان اسمی موتور آنها، حاکی از فقدان رابطه مستقیم این دو پارامتر بوده و کار انجام شده به ازای هر واحد اسب بخار اسمی در ماشین‌های مختلف متفاوت است.

و بالاخره توصیه می‌شود تجارب پراکنده کاربران ماشین‌های موجود در نواحی مختلف کشور جمع‌آوری شده و با انجام پاره‌ای آزمایشات و تحقیقات با استفاده از ماشین‌های موجود در نواحی مختلف کشور، قدم‌های قابل توجهی در زمینه تدوین استاندارد ملی برای ویژگی‌های یک ماشین زهکشی مناسب برای کشور ما برداشته شود. هر یک از مدل‌های ماشین‌های موجود در کشور، می‌تواند نقاط ضعفی داشته باشد که در جریان عملیات زهکشی مشخص گردد. تعویض فاینال درایو در کلیه ماشین‌های ترنکورتکو پس از شروع به کار آنها و مشخص شدن ضعف این قطعه، همچنین آزاد شدن خود به خودی کلاچ ایمنی در یکی دیگر از ماشین‌ها، نمونه‌هایی از محدودیت‌هایی است که بایستی در سفارش‌های بعدی مورد توجه قرار گیرد.

امکانات تولید لوله‌های پلاستیک برای زهکشی زیرزمینی

در ایران^(۱)

احمد لطفی^(۲)

کلیات:

لوله‌های پلاستیک خرطومی به جرأت یکی از مهمترین ابداعاتی بوده است که در چند دهه گذشته تکنولوژی احداث زهکش‌های زیرزمینی را متحول ساخته است.

لوله‌های پلاستیک برای اولین بار در دهه ۱۹۶۰ برای احداث زهکش‌های زیرزمینی بکار برده شد. در اوایل این دهه، لوله‌های پلاستیک جدار صاف که کاربرد عمومی‌تری داشته و برای مصارف زهکشی مشبک می‌شدند، تحولی در تکنیک زهکشی بوجود آوردند. در اواخر این دهه، لوله‌های موجدار (خرطومی) مشبک ابداع شدند و نه تنها سهولت و سرعت بیشتری را برای عملیات اجرایی زهکشی به همراه آوردند، بلکه هزینه‌های احداث زهکش را نیز بطور قابل ملاحظه کاهش داده‌اند. عملکرد این لوله‌ها در دوره بهره‌برداری نیز اطمینان بخش‌تر از دیگر انواع لوله‌های متداول بوده است. عمده‌ترین امتیازات لوله‌های خرطومی به قرار زیر است:

- لوله‌ها سبک هستند، یک کلاف ۵۰ متری از لوله ۱۰۰ میلیمتری فقط ۲۰ کیلوگرم وزن دارد و یک نفر کارگر می‌تواند به آسانی آن را در مسافت‌های کوتاه جابجا نماید؛

- لوله‌ها انعطاف پذیرند و ماشین‌های زهکشی به آسانی از آن استفاده می‌کنند؛

- لوله‌ها پیوسته هستند و طول زیادشان این امکان را بوجود می‌آورد که ماشین ترنچر با توقف‌های کمتر به کار نصب ادامه دهد؛

- مواد پی‌وی‌سی و یا پلی‌اتیلن در مقابل املاح متعارف موجود در خاک مقاومند؛

۱- ارائه شده در کارگاه فنی «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران،

تهران-۱۳۷۸

۲- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کارشناس مهندسی مشاور پندام

- شبکه سوراخ‌های ورود آب به طور یکنواخت در تمام طول لوله پراکنده هستند که باعث می‌شود افت بار هیدرولیکی ناشی از همگرایی جریان در هنگام ورود به لوله بطور قابل ملاحظه کاهش یابد؛

- امکان استفاده از پوشش‌های سنتتیک را به وجود می‌آورند؛

- کارخانه تولید لوله به صورت سیار می‌تواند در کارگاه مستقر شود و با تولید در محل مصرف، هزینه‌های حمل و نقل را بطور قابل ملاحظه کاهش دهد؛

- پیوستگی لوله در زیر خاک اطمینان بیشتری را برای بکارگیری دستگاه جت فلاشر برای لایروبی لوله بوجود می‌آورد؛

- تکنولوژی‌های موجود امکان طراحی ساخت لوله برای شرایط مختلف نصب و بارهای وارد بر لوله را بوجود آورده است و این امتیاز می‌تواند در کاهش هزینه‌های تولید مورد استفاده قرار گیرد.

لوله‌های پلاستیک که به طور معمول در زهکشی زیرزمینی بکار برده می‌شوند، اساساً بر دو نوع اصلی هستند: پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی. در کشور امریکا استفاده از پلی‌اتیلن بیشتر رایج است ولی در کشورهای اروپایی قسمت اعظم لوله‌های بکار رفته در احداث زهکش‌های زیرزمینی از نوع پی‌وی‌سی است. در جدول ۱ مقایسه‌ای گذرا بر مشخصات این دو نوع لوله از نظر کاربری در زهکشی زیرزمینی ارائه شده است.

جدول ۱

مقایسه بین چند جنبه فنی و اقتصادی بین لوله‌های پی‌وی‌سی و پلی‌اتیلن

مزایای لوله‌های پلی‌اتیلن	مزایای لوله‌های پی‌وی‌سی
پلی‌اتیلن از نظر محیط زیستی کم خطرتر از پی‌وی‌سی است. این خطر فقط وقتی مطرح می‌شود که مواد دچار آتش‌سوزی شود؛	پی‌وی‌سی سبک‌تر است و به ازای مقاومت مساوی به حجم مواد اولیه کمتری نیاز دارد. یک لوله پی‌وی‌سی در حدود ۷/۰-۰/۶ برابر لوله پلی‌اتیلن هم‌قطر خود وزن دارد؛
قابلیت بازیافت مواد پلی‌اتیلن بیشتر است؛	مواد اولیه پی‌وی‌سی کمی ارزان‌تر از پلی‌اتیلن است؛
پلی‌اتیلن به خاطر نرمی بیشتر در مقابل ضربه مقاوم‌تر است؛	لوله‌های پی‌وی‌سی سخت‌تر است و در مقابل فشار و دما کمتر تغییر شکل می‌دهد؛
پلی‌اتیلن در مقابل اشعه ماورای بنفش خورشید مقاوم‌تر است.	مراحل ساخت لوله‌های پی‌وی‌سی به ازای واحد طول لوله به انرژی کمتری نیاز دارد؛
	قیمت تمام شده لوله‌های پی‌وی‌سی تقریباً ۶۰-۵۰ درصد لوله‌های مشابه از نوع پلی‌اتیلن است.

در شرایط کنونی در ایران نیز برای احداث زهکش‌های زیرزمینی لوله‌های پی‌وی‌سی به کار برده می‌شوند. جدی‌ترین مشکلی که برای این لوله‌ها وجود دارد مسأله حساسیت آنها نسبت به اشعه ماورای بنفش خورشید است. علی‌رغم اینکه کارخانه‌های سازنده برای افزایش مقاومت لوله‌ها در مقابل اشعه خورشید، مواد افزودنی ویژه‌ای را در ترکیب مواد بکار می‌برند، اما شدت تابش خورشید در بیشتر مناطق ایران و به ویژه نواحی جنوبی، اعمال مراقبت‌های ویژه‌ای را ضروری می‌سازد. اولین مراقبت از لوله‌های تولید شده، نگهداری آنها در سایه است. حتی توصیه می‌شود که در موقع حمل نیز لوله‌ها را از تابش مستقیم خورشید محفوظ نگهداشت. تابش اشعه ماورای بنفش خورشید، لوله‌های پی‌وی‌سی را سوزانده و خشک و شکننده می‌کند، بطوریکه در موقع نصب لوله در ترانشه و یا در اثر ضرباتی که در موقع خاک ریختن به ترانشه به آنها وارد می‌شود می‌شکنند. یکی دیگر از مزایای لوله پی‌وی‌سی در ایران تولید مواد اولیه پی‌وی‌سی در پالایشگاه‌های فعال در کشور است. مواد اولیه پلی‌اتیلن تا قبل از اینکه پالایشگاه اراک راه‌اندازی شود از خارج وارد می‌شد.

در ایران ماشین‌آلات اولین کارخانه سازنده لوله‌های پی‌وی‌سی خرطومی توسط وزارت کشاورزی در اواسط دهه ۱۳۶۰ وارد شد ولی نصب و راه‌اندازی آنها در کرج تا سال ۱۳۷۰ به طول انجامید. کارخانه صنایع پی‌وی‌سی ایران در سنگسر سمنان نیز در سال ۱۳۶۹ آغاز به کار کرد. در سال ۷۳-۱۳۷۲ با پشتیبانی‌های مالی شرکت توسعه کشت نیشکر وزارت کشاورزی دو کارخانه دیگر توسط بخش خصوصی در اهواز دایر گردید تا نیازهای طرح را برای تولید لوله‌های زهکشی تأمین نمایند. پس از چندی یکی از کارخانجات مزبور توسط شرکت نیشکر خریداری شد و هم اکنون با مدیریت همین شرکت به تولید ادامه می‌دهد. کارخانه دیگر نیز استعدادهای خود را برای تولید لوله کماکان حفظ نموده است. به این ترتیب هم اکنون در ایران ۴ واحد کارخانه تولید لوله‌های پلاستک خرطومی وجود دارد که مشخصات آنها در جدول ۲ آورده شده است. کلیه ماشین‌های این کارخانجات، اروپایی (اطریش و آلمان) هستند. در کارخانه صنایع پلی‌اتیلن اصفهان (پی‌ای‌آی) نیز از سال‌های پیشتر امکانات ساخت

لوله‌های خرطومی پلی‌ایتلن بوجود آمده بود. بر اساس اطلاعات موجود از امکانات این کارخانه بهره‌برداری قابل ملاحظه‌ای برای تأمین لوله‌های مورد نیاز زهکش‌های زیرزمینی به عمل نیامد. (احتمالاً به این دلیل که در آن زمان تکنولوژی‌های موجود در ایران نمی‌توانست از مزایای لوله‌های خرطومی بهره بگیرد!) و در حال حاضر نیز احتمالاً نمی‌تواند با تولیدات پی‌وی‌سی رقابت نماید.

قابل ذکر است که براساس اظهارات مسئولان شرکت صنایع پی‌وی‌سی ایران، این کارخانه استعداد ساخت لوله‌های پلی‌ایتلن را نیز داراست.

جدول ۲

بعضی اطلاعات مربوط به امکانات موجود در ایران برای ساخت لوله‌های پی‌وی‌سی زهکشی

شماره تلفن	تجهیزات آزمایشگاهی	اندازه لوله‌های قابل تولید در شرایط کنونی	مدل و ساخت		ظرفیت تولید سالانه - تن	سال آغاز تولید	محل کارخانه	مالکیت کارخانه	نام کارخانه
			اکسترودر	کورگیتور					
	گرما، سرما، کشش، ضربه	۱۶۰، ۱۲۵، ۱۰۰	دورسباخ آلمان، ۱۹۹۳	سین‌سیناتی اتریش، ۱۹۹۳	۵۰۰۰	۱۳۷۳	جنوب اهواز	شرکت توسعه نیشکر خوزستان	
	گرما، سرما، کشش، ضربه	۱۶۰، ۱۲۵، ۱۰۰	دورسباخ آلمان، ۱۹۹۳	سین‌سیناتی اتریش، ۱۹۹۳	۵۰۰۰	۱۳۷۳	شهرک صنعتی اهواز	بخش خصوصی	صنایع پی‌وی‌سی خوزستان
	گرما، سرما، کشش، ضربه	۲۰۰، ۱۶۰، ۱۲۵	سین سیناتی اتریش، ۱۹۸۶	سین‌سیناتی اتریش، ۱۹۸۶	۱۵۰۰	۱۳۷۰	کرج - جاده مردآباد	شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور	
۶۴۳۵۸۶۱	گرما، سرما، کشش، ضربه	در ۵۰، ۸۰، ۱۲۵، حال اقدام برای تولید لوله‌های ۱۶۰ و ۱۰۰	سین سیناتی اتریش، ۱۹۸۶	سین‌سیناتی اتریش، ۱۹۸۶	۸۵۰ قابل توسعه به ۱۷۰۰ تن	۱۳۶۹	مهدیشهر (سنگسر) سمنان		صنایع پی‌وی‌سی ایران

مشخصات عمومی لوله‌های زهکشی که در ایران تولید می‌شود

از آنجا که تمامی کارخانه‌های تولید لوله‌های پی‌وی‌سی خرطومی در ایران از دو کشور اتریش و آلمان وارد شده‌اند، طبیعتاً استانداردهای این کشورها در ساخت لوله‌ها حاکم شده است. در دو کارخانه کرج و سنگسر ماشین‌های اکسترودر و

کورگیتور از کارخانه سین سیناتی اتریش وارد شده است. در دو کارخانه احداث شده در اهواز اکسترودر از سین سیناتی و کورگیتور از دورسباخ آلمان وارد شده است. بطور کلی استانداردهای اروپایی بسیار به یکدیگر نزدیک است. طراحان و سازندگان کورگیتور تلاش می‌کنند تا با تغییر شکل، فاصله و ضخامت موج‌ها، لوله‌هایی خرطومی تولید کنند که با حفظ مقاومت‌های لازم، مصرف مواد اولیه را کاهش دهند. به این ترتیب می‌توان انتظار داشت که در کارخانه‌های جدیدتر تولیدات کمی سبک‌تر باشند. به همین دلیل نیز وزن لوله‌ها از ردیف استانداردهای لازم الرعایه تولید لوله‌های زهکشی کشور آلمان حذف شده است. در واقع به سازندگان اجازه داده شده است که برای کاستن از وزن لوله‌ها تلاش نمایند. دامنه تغییرات وزن لوله‌های تولید شده در اروپا در جدول ۳ نشان داده شده است. در همین جدول وزن لوله‌های تولید شده در ایران نیز برای مقایسه آورده شده است.

جدول ۳

دامنه تغییرات وزن لوله‌های پی‌وی‌سی زهکشی

وزن - گرم بر متر		تولیدات اروپا (۱)	اندازه اسمی لوله‌ها
اهواز	کرج		
		۱۸۵ - ۱۹۴	۶۰
		۱۹۰ - ۲۱۵	۶۵
		۲۷۵ - ۳۲۰	۸۰
۳۷۰		۳۶۰ - ۵۳۰	۱۰۰
۵۸۰	۶۵۰	۴۹۰ - ۷۱۸	۱۲۵
۷۹۰	۹۵۰	۸۰۰ - ۱۰۲۸	۱۶۰
	۱۴۰۰	۹۶۸ - ۱۳۵۵	۲۰۰
		۱۹۰۰	۲۸۰
		۲۸۰۰	۳۵۵
		۴۱۲۵ (۲)	۴۰۰
		۶۸۵۰ (۲)	۵۰۰

۱- منابع اطلاعات مربوط به سال ۱۹۹۲

۲- ارقام تخمینی است

استانداردهای تولید لوله

ترجمه استاندارد DIN کشور آلمان برای اطلاع از محتوای مشخصات لوله‌ها پیوست این نوشتار است.

اندازه لوله‌های زهکشی در اروپا معمولاً با قطر خارجی و بر حسب میلیمتر و در امریکا با قطر داخلی و بر حسب اینچ مشخص می‌شوند. در اروپا اندازه‌های متداول عبارتند از ۵۰، ۶۵، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰ و ۲۰۰ میلیمتر. در سنوات اخیر تکنولوژی ساخت و نصب ماشینی لوله‌های بزرگتر تا قطر حدود ۴۵۰ میلیمتر نیز متداول شده است. لوله‌های با قطر بیشتر از ۴۰۰ میلیمتر معمولاً به صورت دو جداره ساخته می‌شوند. جدار بیرونی این لوله‌ها موجدار و جدار داخلی آن صاف است. این گونه لوله‌ها کاملاً سخت بوده و انعطاف‌پذیری کمی دارند و بیشتر برای جمع‌کننده‌های زیرزمینی بکار برده می‌شوند. لوله‌های دو جداره به خاطر جدار صافشان از مشخصه هیدرولیکی بسیار خوبی برخوردارند.

همانطور که اشاره شد در کشور ایران لوله‌ها با استانداردهایی تولید می‌شود که در اروپا تدوین شده است در حالی که شرایط ایران با شرایط اروپا تفاوت اساسی دارد. تابش شدید آفتاب، عمق نصب نسبتاً زیاد، و مدیریت‌های ضعیف‌تر در زمان احداث و نیز در دوره بهره‌برداری از جمله این تفاوت‌ها است. جا دارد که مؤسسات تحقیقاتی و نیز تولیدکنندگان در جهت تولید لوله‌های مناسب برای شرایط ایران پژوهش‌های لازم را آغاز نمایند.

ظرفیت تولید لوله‌های پی‌وی‌سی زهکشی در ایران

با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌گردد که کارخانجات موجود در ایران توانایی ساخت سالانه ۱۳۰۰۰ - ۱۲۰۰۰ تن لوله زهکشی در اندازه‌های مختلف را دارند. اگر میانگین وزن هر متر لوله‌های تولید شده به طور تقریب ۸۰۰ گرم فرض شود، این ظرفیت تقریباً معادل تولید ۱۶۲۵۰ کیلومتر لوله در سال است. همچنین اگر میانگین مصرف لوله در هر هکتار ۱۰۰ متر فرض شود، ظرفیت‌های موجود می‌تواند پاسخگوی عملیات اجرایی زهکشی زیرزمینی در سطحی معادل حدود ۱۶۰۰۰۰-

۱۵۰۰۰۰ هکتار در سال باشد. به همین دلیل با توجه به حجم فعالیت‌هایی که هم اکنون در جریان است می‌توان نتیجه گرفت که چیزی بیش از ۲۵-۳۰ درصد از امکانات موجود مورد بهره‌برداری قرار ندارد و این رقم نیز تا وقتی صادق است که فعالیت‌های توسعه نیشکر ادامه داشته باشد. با پایان گرفتن پروژه مزبور چنانچه فعالیت‌های احداث زهکش‌های زیرزمینی گسترش نیابد، بهره‌برداری از امکانات به زیر ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

از طرف دیگر تولیدات فعلی کارخانه‌ها بیشتر متوجه لوله‌هایی است که برای زهکشی مزارع مناسب است و این کارخانه‌ها در شرایط کنونی امکان تولید لوله‌های خرطومی بزرگ‌تر که برای خطوط جمع‌کننده زیرزمینی مناسب باشد را ندارند. این در حالی است که تکنولوژی احداث زهکشی زیرزمینی در ایران نیازمند تجهیز امکانات برای ماشینی‌کردن نصب زهکش‌های جمع‌کننده به کمک ترنچر (همانند زهکش‌های مزرعه) است. چنین برنامه‌ای می‌تواند ظرفیت‌های موجود کارخانه‌ها را نیز بطور مؤثرتری مورد بهره‌برداری قرار دهد. عمده نیاز کارخانجات، تدارک کورگیتورهای مناسب برای تولید لوله‌های قطر بزرگ است. طبیعتاً پشتیبانی‌های بخش دولتی چه از نظر تسهیلات ارزی برای تدارک کورگیتور و چه از نظر ایجاد زمینه‌های تقاضا برای این تولیدات، می‌تواند کارخانجات موجود را تشویق به توسعه امکانات برای تولید لوله‌های بزرگ‌تر نماید.

پیوست

استانداردهای DIN 1187 کشور آلمان برای ساخت لوله‌های پی‌وی‌سی

مورد استفاده در زهکشی زیرزمینی

احمد لطفی

۱- دامنه کاربرد

این استاندارد مربوط به لوله‌های پی‌وی‌سی غیر نرم^(۱) موجدار و یا صاف برای مصارف زهکشی است که برای کنترل آب زیرزمینی بر طبق بخش‌های ۱ تا ۵ استاندارد DIN 1185 اجرا می‌گردد. لوله‌ها به صورت اکستروژن ساخته شده، مقطع آن در بیرون و درون لوله گرد است. جدار لوله برای ورود آب مشبک است.

۲- تشخیص، ابعاد، وزن

۲-۱ روش تشخیص و معرفی

تیپ A، لوله‌های موجدار (خرطومی)

لوله‌های موجدار مشبک تیپ با قطر اسمی ۹۰ میلیمتر و دارای شبکه‌ای از سوراخ‌هایی باریک به عرض ۰/۸ میلیمتر (طبق بند ۴-۳-۲) به شکل زیر نشان داده می‌شود:

Drainpipe DIN 1187 - A 90 - 0.8

تیپ B لوله‌های صاف

لوله‌های صاف به اندازه‌های اسمی ۹۰ میلیمتر و با سوراخ‌های متوسط به عرض ۱/۲ میلیمتر (طبق بند ۴-۳-۲) به شکل زیر نشان داده می‌شود:

Drainpipe DIN 1187 - B 90 - 1.2

1 - unplasticized

۲-۲- قطر، ضخامت جدار، طول بوشن^(۱)

قطر، ضخامت جدار و طول قسمت اتصال (در لوله‌های سخت) در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: لوله‌های خرطومی (تیپ A) بر حسب میلیمتر

قطر داخلی (حداقل)	قطر خارجی		اندازه	اندازه اسمی* DN
	رواداری	رواداری		
۴۴	- ۰/۵	+ ۰/۵	۵۰	۵۰
۵۸	- ۰/۵	+ ۰/۵	۶۵	۶۵
۷۱٫۵	- ۰/۵	+ ۰/۵	۸۰	۸۰
۹۱	- ۰/۵	+ ۰/۵	۱۰۰	۱۰۰
۱۱۵	- ۱/۰	+ ۰/۵	۱۲۵/۵	۱۲۵
۱۴۴	- ۱/۰	+ ۰/۵	۱۵۹/۵	۱۶۰
۱۸۲	- ۱/۰	+ ۰/۵	۱۹۹/۵	۲۰۰

* برای انجام محاسبات هیدرولیکی باید قطر داخلی به کار برده شود.

جدول ۲: لوله‌های صاف (تیپ B) بر حسب میلیمتر

طول اتصال (حداقل)	قطر داخلی (حداقل)	ضخامت جدار		قطر خارجی		اندازه اسمی DN
		رواداری	اندازه	رواداری	اندازه	
۷۵	۴۷	+۰/۵	۱	+۰/۳	۵۰	۵۰
۹۰	۵۹	+۰/۶	۱/۳	+۰/۴	۶۳	۶۳
۱۰۵	۷۱	+۰/۷	۱/۵	+۰/۴	۷۵	۷۵
۱۱۵	۸۵	+۰/۸	۱/۸	+۰/۵	۹۰	۹۰
۱۲۰	۱۰۵	+۰/۸	۱/۹	+۰/۶	۱۱۰	۱۱۰
۱۲۵	۱۱۹	+۰/۸	۲/۰	+۰/۷	۱۲۵	۱۲۵
۱۲۵	۱۳۴	+۰/۹	۲/۳	+۰/۸	۱۴۰	۱۴۰
۱۲۵	۱۵۳	+۱/۰	۲/۵	+۰/۸	۱۶۰	۱۶۰

۲-۳ طول لوله و روش تحویل

لوله‌های خرطومی به صورت کلاف و لوله‌های صاف در اندازه‌های ۵ متری تهیه و تحویل می‌شود.

۲-۴ وزن لوله‌ها

حداقل وزن لوله‌های خرطومی بستگی به شکل موج‌های لوله و طراحی‌های کارخانه سازنده دارد و باید مقدار آن برای هر متر لوله به وسیله کارخانه تولیدکننده به آزمایشگاه‌های مسئول که بر تولید نظارت دارند، گزارش شود.

۳- مواد پلاستیک

مواد پی‌وی‌سی غیر نرم برای ساخت لوله‌های زهکشی باید با مشخصات DIN 7749 part 1 منطبق باشد. میزان مواد افزودنی که به پی‌وی‌سی افزوده می‌شود به تشخیص تولیدکننده واگذار می‌گردد.

۴- الزامات

۴-۱ شرایط تحویل

سطوح داخلی و خارجی لوله‌ها باید صاف باشند. لوله‌ها باید بدون هر گونه غیر یکنواختی بوده و بدون حباب، ترک، پارگی، و دیگر صدمات باشد. غیر یکنواختی در ضخامت لوله و وجود رگه‌های کم‌عمق از فرورفتگی و یا برجستگی‌های طولی بلامانع است مشروط بر اینکه بر دیگر خصوصیات لوله اثر نگذارد.

انتهای لوله‌ها باید به صورت عمود بر محور طولی بریده شوند.

رنگ لوله‌ها به انتخاب سازنده واگذار می‌گردد.

موج‌های لوله‌های خرطومی باید یکنواخت باشند. لوله‌های صاف باید مستقیم و بدون خمیدگی باشند.

۲-۴ اتصالات

۱-۲-۴ کلیات

لوله‌ها بوسیله بوشن به یکدیگر متصل می‌شوند.

۲-۲-۴ لوله‌های خرطومی

انتخاب طرح و شکل بوشن به کارخانه سازنده واگذار می‌شود. اتصال لوله‌ها باید در مقابل کشیدگی طولی از استحکام کافی برخوردار باشد تا کارگذاری ماشینی را امکان‌پذیر سازد (نک به بند ۴-۶).

۳-۲-۴ لوله‌های صاف

بوشن در یک سر لوله و متصل به آن ساخته می‌شود. بوشن‌ها کمی اریب ساخته می‌شود تا ورود لوله را به داخل آن آسان کند و اتصال محکمی را بوجود آورد (شکل ۱). حداقل طول بوشن در جدول ۲ داده شده است.

بوشن متصل به لوله جدار صاف

۳-۴ سوراخ‌های ورود آب به درون لوله

۱-۳-۴ سطح مقطع ورود آب

حداقل سطح مقطع ورود آب به درون لوله برابر ۸ سانتیمتر مربع به ازای هر متر طول لوله است.

سوراخ‌ها باید به صورت یکنواخت و متقارن در حداقل ۵ ردیف در محیط لوله توزیع شده باشند. سوراخ‌ها باید به گونه‌ای تعبیه شوند که مواد زائدی که به طور معمول پس از ایجاد سوراخ در کنار آن باقی می‌ماند، مانع ورود جریان به داخل لوله نشود.

۲-۳-۴ عرض سوراخ‌ها

منظور از عرض سوراخ‌های ورود آب اندازه کوچک‌ترین ضلع سوراخ است که باید از اندازه‌های زیر (برحسب میلیمتر) تبعیت نماید:

رواداری	اندازه	
$\pm 0,2$	۰,۸	سوراخ باریک
$\pm 0,2$	۱,۲	سوراخ متوسط
$\pm 0,3$	۱,۷	سوراخ بزرگ

سازنده می‌تواند با توافق سفارش دهنده اندازه‌های دیگری را بکار برد.

۴-۴ مقاومت در مقابل ضربه

در آزمایش مندرج در بند ۵-۵، موارد شکستگی لوله‌ها نباید از یک نمونه از بین ۲۰ نمونه‌ای که آزمایش می‌شود تجاوز کند. نمونه لوله وقتی شکسته تلقی می‌شود که در تمام طول ترک برداشته و یا شکسته شده باشد. اگر بیش از یک نمونه شکسته شود، آزمایش باید بر روی ۴۰ نمونه دیگر (در مجموع ۶۰ نمونه) اجرا شود. حداکثر ۷ مورد شکستگی از بین ۶۰ نمونه می‌تواند مجاز تلقی شود.

۴-۵ مقاومت در مقابل تغییر شکل

در آزمایش مندرج در بند ۵-۶، اندازه پخش‌دگی لوله خرطومی و یا صاف نباید از ۱۰ درصد قطر خارجی لوله بیشتر باشد.

۴-۶ - مقاومت لوله خرطومی و اتصالات در مقابل کشیده شدن

در آزمایش مندرج در بند ۵-۷، اتصال بوشن و لوله نباید لق شود. میانگین اندازه کشیدگی لوله در سه آزمایش جدا از هم نیز نباید از ۱۰ درصد طول بیشتر باشد.

۴-۷ آزمون ورود لوله صاف در بوشن اتصال

در آزمایش مندرج در بند ۵-۸، مقطع باریک‌تر لوله باید حداقل به اندازه $3/4$ طول بوشن وارد آن شود.

۵- آزمایش‌ها

آزمایش‌ها باید به طور پیوسته بر روی نمونه‌هایی که به طور منظم از خط تولید برداشت می‌شود انجام گیرد. در صورت بروز اختلاف و در مواردی که نظارت شخص ثالث ضرورت می‌یابد، نمونه‌ها نباید زودتر از ۲۴ ساعت پس از تولید مورد آزمایش قرار گیرد.

۵-۱ شرایط لوله در زمان تحویل

برای رعایت مندرجات بند ۴-۱، ظاهر نمونه‌ها به صورت مشاهده‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۲ اندازه‌ها

اندازه‌های مندرج در بند ۲-۲ و ۴-۳-۲ با دقت $0/1$ میلیمتر (با گرد شدن کاهشی) اندازه‌گیری می‌شود.

۳-۵ سوراخ‌های ورود آب

سوراخ‌های ورود آب به طور مشاهده‌ای مورد ملاحظه و بررسی قرار می‌گیرد و ابعاد آن بر طبق بند ۲-۵ اندازه‌گیری می‌شود. سطح مقطع ورود آب با میانگین‌گیری از ۴۰ مورد اندازه‌گیری (اندازه ابعاد و تعداد سوراخ‌ها) برحسب سانتیمتر مربع در هر متر طول محاسبه می‌شود.

۴-۵ وزن

وزن لوله‌ها با میانگین‌گیری از توزین سه نمونه معین شده و با حداقل وزن لوله که بوسیله کارخانه سازنده اعلام می‌شود (بند ۲-۴) مقایسه می‌گردد.

۵-۵ آزمایش سقوط وزنه

مقاومت در مقابل ضربه که در بند ۴-۴ مورد بحث قرار گرفت بوسیله دستگاه نشان داده شده در شکل ۲ بر روی نمونه‌هایی به طول (200 ± 5) میلیمتر انجام می‌گیرد. قبل از آزمایش نمونه‌ها به مدت حداقل یک ساعت در دمای صفر درجه (± 1) نگهداشته می‌شود. نمونه‌ها باید حداکثر به فاصله ۱۰ ثانیه پس از خروج از دستگاه سردکننده مورد آزمایش قرار گیرد.

در هر آزمایش، وزنه فقط یکبار به بالای نمونه وارد می‌شود. در این آزمایش موقعیت سوراخ‌های ورود آب نسبت به محل وارد آمدن ضربه نباید مورد توجه قرار گیرد.

وزنه باید بتواند بدون اینکه با اصطکاک زیادی روبرو شود در درون استوانه (نک به شکل مربوطه) فرو افتد.

سنگینی وزنه برای آزمایش لوله‌های صاف ۴۰۰ گرم و برای لوله‌های خرطومی ۸۰۰ گرم است.

ارتفاع سقوط وزنه برای لوله‌های صاف ۷۵۰ و برای لوله‌های خرطومی ۱۰۰۰ میلیمتر است.

۵-۶ آزمایش تغییر شکل

۵-۶-۱ لوله‌های خرطومی

یک نمونه از لوله به طول (200 ± 5) میلیمتر برای آزمایش بین دو صفحه موازی قرار داده می‌شود. ابتدا بر لوله، باری معادل یک نیوتون بر سانتیمتر مربع تصویر لوله (طول لوله \times قطر خارجی لوله) وارد می‌شود. نمونه به مدت ۲۱ روز در حرارت $(23 \pm$

درجه سانتیگراد تحت تأثیر این بار باقی می‌ماند. پس از آن مقدار پخش‌دگی قطر خارجی لوله اندازه‌گیری و درصد تغییر شکل نسبت به قطر اولیه محاسبه می‌شود. آزمایش بر روی دو نمونه انجام می‌گیرد.

۲-۶-۵ لوله‌های صاف

۱-۲-۶-۵ لوله‌های تا قطر *DIN 90*

این آزمایش نیز مشابه با شرح مندرج در بند ۱-۶-۵ انجام می‌گیرد.

۲-۲-۶-۵ لوله‌های بزرگتر از *DIN 90*

آزمایش تغییر شکل به همان روشی انجام می‌شود که در بند ۱-۶-۵ بیان شد اما در این مورد بجای دو صفحه، از دو نبشی و یا ناودانی با زاویه رأس ۱۲۰ درجه استفاده می‌شود.

۷-۵ آزمایش کشیدگی لوله‌های خرطومی با اتصال بوشن

این آزمایش روی سه نمونه لوله هر یک به طول (700 ± 10) میلیمتر و در دمای (۲ \pm ۲۳) درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد. نمونه‌ها از وسط به دو نیم بریده می‌شود و به وسیله بوشن به یکدیگر متصل می‌گردد.

ابتدا نمونه به مدت ۱۵ ثانیه تحت نیروی کشش ۵۰ نیوتون قرار می‌گیرد. یک دقیقه بعد از اینکه نیرو آزاد شد، یک بار ۱۰ نیوتون به نمونه وارد شده و علامت‌هایی به فاصله (50 ± 0.0) میلیمتر از یکدیگر بر روی آنها گذارده می‌شود. بعد

از آن نمونه‌ها زیر بار ۱۵۰ نیوتون (لوله‌های DN65 و DN50) و ۲۰۰ نیوتون (لوله‌های بزرگتر از DN 80) قرار داده می‌شود و پس از ۱۰ دقیقه، فاصله بین دو علامت اندازه‌گیری می‌شود.

۵-۸ آزمایش سهولت وارد شدن لوله در بوشن

یک نمونه لوله صاف که لبه آن تمیز و عاری از زواید بریدگی باشد با دست و در حالی که به آهستگی چرخانده می‌شود در بوشن فرو برده شده و طولی که وارد آن می‌شود اندازه‌گیری می‌گردد.

۹-۵ حک کردن مشخصات

لوله‌ها به صورت مشاهده‌ای مورد بازرسی قرار می‌گیرند و حک بودن مشخصاتی از لوله که در بند ۷ تشریح شده است و کامل بودن اطلاعات مندرج در آن کنترل می‌شود.

۶- گواهی کیفیت، کنترل داخلی و نظارت بر تولید

۱-۶ کلیات

الزامات مندرج در بند ۴ باید از طریق گواهی کیفیت بوسیله تولیدکننده و نیز نظارت شخص ثالث رعایت گردد.

قبل از اینکه قرارداد نظارت بر اجرای کار تنفیذ شود، باید تعهد تولیدکننده مبنی بر اینکه با استفاده از امکانات و پرسنل آزمایشگاهی خود به طور پیوسته کیفیت تولیدات را از نظر انطباق با این مشخصات مورد آزمایش قرار می‌دهد مسجل گردد.

۲-۶ گواهی کیفیت تولیدات

۱-۲-۶ آزمایش نمونه‌ها

مناسب بودن کیفیت لوله‌های زهکشی باید از طریق گواهی یک مرکز معتبر مورد تأیید قرار گیرد. برای این منظور از دو مرحله مختلف تولید دو نمونه تهیه شده و برابر دستور کارهای بند ۵ مورد آزمایش قرار می‌گیرد. برای هر یک از اندازه‌های لوله که تولید می‌شود اقدامات بالا تکرار می‌گردد. برای آزمایش‌های اولیه، نمونه‌ها می‌تواند به وسیله تولیدکننده انتخاب و ارائه شود. ولی برای گواهی نهایی، نمونه‌ها بوسیله مرکز آزمایش‌کننده انتخاب می‌گردد. در مورد اخیر الزامات مندرج در بند ۶-۳-۲ مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

۳-۶ آزمایش‌های داخلی (توسط تولیدکننده) و آزمایش‌های شخص ثالث (ناظر)

۱-۳-۶ آزمایش‌های داخلی

تولیدکننده لوله‌های زهکشی باید به هزینه و مسئولیت خود آزمایش‌های لازم را بر روی تولیدات خود بعمل آورد تا از یکنواختی تولیدات اطمینان بدست آورد. کلیه نتایج آزمایش‌ها باید به مدت ۵ سال نگهداری شود. آزمایش‌های داخلی تولیدکننده حداقل باید موارد مندرج در جدول ۳ را دربر داشته باشد.

۲-۳-۶ نظارت شخص ثالث

آزمایش‌ها و بررسی‌های نظارتی (توسط شخص ثالث) باید حداقل دو بار در سال و به وسیله مرکز ذیصلاحی که براساس یک قرارداد متعهد به ارائه خدمات نظارت بر کیفیت تولید می‌شود انجام گیرد.

نظارت شخص ثالث شامل موارد زیر است:

- بررسی و آزمایش ابزار و لوازم اندازه‌گیری و آزمایش در آزمایشگاه کارخانه تولید کننده لوله؛
- بازرسی نتایج به دست آمده از آزمایش‌های انجام شده بوسیله تولید کننده بر مبنای مندرجات بند ۱-۳-۶؛
- انتخاب نمونه برای انجام آزمایش‌های شخص ثالث برای کلیه اندازه‌های لوله‌های تولید شده. نمونه‌ها باید بوسیله مرکز آزمایش‌کننده و یا نماینده وی و از تولیدات موجود در انبار و یا کارخانه و یا تولیدات حمل شده به کارگاه انتخاب شود.

۴-۶ گواهی آزمایش

مرکز آزمایشگاهی باید برای نتایج حاصل از هر یک از آزمایش‌ها گواهی آزمایش صادر نماید.

۵-۶ تکرار آزمایش‌ها

هرگاه نتایج آزمایش‌های انجام شده بوسیله شخص ثالث گواه بر کیفیت نامطلوب تولیدات باشد، باید آزمایش‌ها حداکثر به فاصله ۴ هفته بعد از مشخص شدن نتایج آزمایش اولیه تکرار گردد.

۷- حک کردن اطلاعات مربوط به تولید

۱-۷ لوله‌های خرطومی

بر روی لوله‌های خرطومی باید به فاصله‌های حداکثر ۵ متر از یکدیگر اطلاعات زیر حک گردد

- DIN 1187 ؛

- نام و یا علامت ویژه کارخانه تولیدکننده؛

- اندازه اسمی لوله؛

- سال تولید.

۲-۷ لوله‌های صاف

بر روی هر یک از شاخه‌های لوله‌های صاف حداقل در یک نقطه باید اطلاعات زیر حک شود

- DIN 1187 ؛

- نام و یا علامت ویژه کارخانه تولیدکننده؛

- اندازه اسمی لوله؛

- سال تولید.

۳-۷ کلاف و بسته‌های لوله

بر روی هر یک از کلاف‌ها و بسته‌های لوله‌های تولید شده و بر روی یک برچسب مقاوم در مقابل رطوبت اطلاعات زیر الصاق می‌شود.

- DIN 1187؛

- نام و یا علامت ویژه کارخانه تولیدکننده؛

- اندازه اسمی لوله؛

- سال تولید؛

- سطح مقطع ورود آب به داخل لوله.

- طول و وزن کلاف لوله‌های خرطومی

جدول ۳

نوع و تعداد تکرار آزمایش‌های داخلی (توسط سازنده) و نظارت

شخص ثالث

شماره آزمایش	شماره بند بیان کننده الزامات	تعداد آزمایش‌های داخلی در کارخانه سازنده (*)	آزمایش	نوع لوله	
۱-۵	۱-۴	۶ بار در ۲۴ ساعت	شرایط تحویل	خرطومی و صاف	۱
۲-۵	۲-۲	یک بار در ۲۴ ساعت ۶ بار در ۲۴ ساعت	ابعاد	خرطومی و صاف	۲
۳-۵	۳-۴	هر بار تغییر خط تولید	سوراخ‌های ورود آب	خرطومی و صاف	۳
۴-۵	۴-۲	۶ بار در ۲۴ ساعت	وزن هر متر لوله	خرطومی	۴
۵-۵	۴-۴	۱ بار در ۲۴ ساعت	ضربه سقوط وزنه	خرطومی و صاف	۵
۱-۶-۵ ۲-۶-۵	۵-۴	هر بار تغییر خط تولید	تغییر شکل و پخ شدگی زیر بار	خرطومی و صاف	۶
۷-۵	۶-۴	هر بار تغییر خط تولید	کشیده شدن	خرطومی	۷
۸-۵	۷-۴	۳ بار در ۲۴ ساعت	ورود به بوشن	صاف	۸

۹-۵	۷	۳ بار در ۲۴ ساعت	علامت گذاری	خرطومی و صاف	۹
-----	---	------------------	-------------	-----------------	---

* آزمایش‌های شخص ثالث حداقل دو بار در سال انجام می‌شود.

استانداردهای مختلف مورد اشاره:

- DIN 1185 part 1 زهکشی؛ کنترل تعادل رطوبت خاک بوسیله زهکشی زیرزمینی با لوله و یا زهکش روباز و اصلاح خاک؛
دستور کارهای کلی و موارد ویژه
- DIN 1185 part 2 زهکشی؛ کنترل تعادل رطوبت خاک بوسیله زهکشی زیرزمینی با لوله و یا زهکش روباز و اصلاح خاک؛
اطلاعات مهم در زمینه طراحی و انتخاب اندازه‌ها
- DIN 1185 part 3 زهکشی؛ کنترل تعادل رطوبت خاک بوسیله زهکشی زیرزمینی با لوله و یا زهکش روباز و اصلاح خاک؛
احداث زهکش‌های زیرزمینی
- DIN 1185 part 4 زهکشی؛ کنترل تعادل رطوبت خاک بوسیله زهکشی زیرزمینی با لوله و یا زهکش روباز و اصلاح خاک؛
طراحی و نقشه‌های مطابق احرا
- DIN 1185 part 5 زهکشی؛ کنترل تعادل رطوبت خاک بوسیله زهکشی زیرزمینی با لوله و یا زهکش روباز و اصلاح خاک؛
نگهداری زهکش‌های زیرزمینی

- DIN 7748 part 1 - مواد مورد استفاده در ساخت لوله‌های پلاستیک؛ لوله‌های پی‌وی سی‌غیر نرم؛ طبقه‌بندی و تشخیص
- DIN 1180 - لوله‌های رسی (تنبوشه) برای کاربری در زهکشی؛ ابعاد؛ مشخصات و آزمایش‌ها

اثرات زیست محیطی زهکشی اراضی^(۱)

سیدجلال جبلی^(۲)

چکیده

ایجاد شبکه‌های زهکشی سطحی یا زیرزمینی موجب تخلیه آب‌های مازاد از پروفیل خاک و بهبود مشخصات فیزیکی آن می‌گردد. شبکه‌های زهکشی همچنین با ایجاد امکان آبخوئی^(۳) کنترل شوری خاک را نیز میسر می‌سازند. جمع‌آوری و تخلیه آب مازاد و نمک‌های خاک، اراضی کشاورزی را از ماندابی و شور شدن^(۴) نجات می‌دهد. زهکشی همچنین باعث چرخش هوا در خلل و فرج خاک شده و تنفس ریشه گیاه را نیز تضمین می‌کند. اما در یکی دو دهه اخیر، بر محققین و دانشمندان ثابت گردیده که بهبود مشخصات خاک توسط شبکه‌های زهکشی، هر چند موجب احیای اراضی و افزایش محصولات کشاورزی می‌گردد، اما این بهبود تنها یک سکه بوده و روی دیگر این سکه که هنوز ابعاد و زوایای آن کاملاً بر پژوهشگران نیز آشکار نشده، اثرات ناخواسته زیست محیطی احداث شبکه‌های زهکشی است.

محیط زیست از چهار بخش متفاوت، شامل محیط فیزیکی^(۵)، محیط طبیعی^(۶)، محیط اقتصادی^(۷) و محیط اجتماعی^(۸) تشکیل یافته است. زهکشی اجزاء مختلف محیط زیست را به صورت‌های گوناگون تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. زهکشی اراضی در محیط فیزیکی، از یک سو موجب بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک گردیده ولی از سوی دیگر انتقال نمک‌ها و بقایای ترکیبات شیمیایی خاک به منابع

۱- ارائه شده در «دومین کارگاه فنی زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران - ۱۳۸۰

۲- استادیار و مدیر گروه آبیاری و زهکشی مجتمع آموزشی ابوریحان دانشگاه تهران

- 3 - Leaching
- 4 - Salinization
- 5 - Physical Environment
- 6 - Natural Environment
- 7 - Economical Environment
- 8 - Social Environment

آب‌های پائین دست را تشدید می‌کند. محیط طبیعی شامل زیستگاه‌های گیاهی و جانوری بوده که تحت تأثیر طرح‌های زهکشی قرار می‌گیرد. گونه‌های گیاهی و جانوری اعم از وحشی و اهلی که در اراضی کشاورزی زیست می‌کنند تحت تأثیر انهار زهکشی و ابنیه مربوطه دستخوش تغییرات می‌گردند. مزرعه به عنوان یک محیط اقتصادی و مرکز تولید محصولات کشاورزی متشکل از محیط فیزیکی و محیط طبیعی بوده و توسط شبکه زهکشی متأثر می‌گردد. محیط فیزیکی با در بر داشتن منابع آب و خاک برای تولید محصولات زراعی و فرآورده‌های دامی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اثر اضمحلال اجزای محیط‌های فیزیکی و طبیعی به دلیل افت محصول، مزرعه نیز به نوبه خود دچار صدمات اقتصادی می‌گردد. شبکه زهکشی، هر چند در کوتاه مدت به دلیل بهبود شرایط خاک و افزایش درآمد، رفاه نسبی برای خانوار روستایی و روستا ایجاد می‌نماید، اما در دراز مدت نزول کیفیت منابع آب و خاک باعث کاهش حاصلخیزی و رها شدن اراضی گردیده که این خود مقدمه کاهش اشتغال‌زایی در منطقه و فراهم شدن زمینه مهاجرت کشاورزان به شهرها می‌باشد. در این مقاله چگونگی اثر زهکشی بر اجزاء مختلف محیط زیست مورد اشاره قرار گرفته و راهکارهای مقابله با این اثرات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱- مقدمه

هدف از ایجاد شبکه‌های زهکشی بهبود مشخصات خاک برای افزایش تولید محصول و ازدیاد درآمد می‌باشد. اما در یکی دو دهه اخیر بر محققین و دانشمندان ثابت گردیده که بهبود مشخصات خاک توسط شبکه‌های زهکشی هر چند موجب احیای اراضی و افزایش محصولات کشاورزی می‌شود، اما این تنها یک روی سکه بوده، روی دیگر این سکه که هنوز ابعاد و زوایای آن کاملاً بر پژوهشگران نیز آشکار نشده، اثرات ناخواسته زیست محیطی احداث شبکه‌های زهکشی می‌باشد. در هر حال اگر شبکه‌های زهکشی ضمن توجه به کلیه جوانب آن به درستی اجرا و بهره‌برداری گردند، اثرات سوء زیست محیطی آنها نیز کاهش می‌یابد [۱].

محیط زیست از چهار بخش متفاوت شامل محیط فیزیکی، محیط طبیعی، محیط اقتصادی و محیط اجتماعی تشکیل یافته است. زهکشی اجزاء مختلف محیط زیست را به صورت‌های گوناگون همانگونه که شکل ۱ نشان می‌دهد تحت تأثیر خود قرار می‌دهد [۲]. محیط فیزیکی عمدتاً متشکل از منابع آب، خاک و گیاه می‌باشد. محیط طبیعی دربرگیرنده زیستگاه‌های گیاهی و جانوری بوده، و محیط اقتصادی از مراکز تولیدی نظیر کارخانجات و مزارع کشاورزی و غیره تشکیل یافته است. محیط اجتماعی نیز جوامع شهری، روستایی و خانوارها را شامل می‌شود. در این مقاله اثر زهکشی اراضی بر اجزاء مختلف محیط زیست مورد مطالعه قرار گرفته و راه‌های کاهش اثرات سوء زیست محیطی آن نیز بررسی می‌گردد.

شکل ۱

۲- اثر زهکشی بر محیط فیزیکی

ایجاد شبکه‌های زهکشی سطحی یا زیرزمینی موجب تخلیه آب‌های مازاد از پروفیل خاک و بهبود مشخصات فیزیکی آن می‌گردد. شبکه‌های زهکشی همچنین با ایجاد امکان آبشویی، کنترل شوری خاک را نیز میسر می‌سازند. تخلیه آب مازاد و نمک‌های خاک همانگونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، اراضی کشاورزی را از ماندابی و شور شدن نجات می‌دهد [۲۳]. زهکشی همچنین باعث چرخش هوا در خلل و فرج خاک شده و تنفس ریشه گیاه را نیز تضمین می‌کند. اما در یکی دو دهه اخیر بر محققین و دانشمندان ثابت گردیده که بهبود مشخصات خاک توسط شبکه‌های زهکشی هر چند موجب احیای اراضی و افزایش محصولات کشاورزی می‌گردد، اما این بهبود تنها یک روی سکه بوده و روی دیگر این سکه که هنوز ابعاد و زوایای آن کاملاً بر پژوهشگران نیز آشکار نشده، اثرات ناخواسته زیست محیطی احداث شبکه‌های زهکشی می‌باشد.

شکل ۲

خاک به عنوان یکی از اجزاء محیط فیزیکی، یک محیط سه فاز تلقی می‌گردد. این محیط متشکل از مایع^(۱)، جامد^(۲)، و گاز^(۳) می‌باشد که محیط متخلخل خاک^(۴) را بوجود می‌آورد [۴]. بواسطه وجود این سه فاز مختلف و وجود خلل فرج موئینه^(۵)، جریان آب در خاک از روابط Convection Dispersion Diffusion یا CDD تبعیت می‌کند [۵]. در این حالت آب تحت گرادیان هیدرولیکی و خاصیت موئینگی از خلل و فرج خاک در شرایط اشباع و غیراشباع عبور می‌نماید. حرکت جبهه رطوبتی در خاک علاوه بر انتقال آب با ایجاد جریان مضاعف املاح محلول در آن یعنی نمک‌ها و بقایای ترکیبات شیمیایی را نیز با خود حمل می‌کند. این جریان در خاک به جریان مزدوج^(۶) موسوم می‌باشد [۶]. جریان مزدوج تحت تأثیر بارهای منفی و مثبت ذرات خاک^(۷) و خاصیت جذب و دفع آن نمک‌ها و ترکیبات شیمیایی خاک را به نقاط دیگر انتقال می‌دهد^(۸). جریان مزدوج ضمن حرکت آب، آلاینده‌ها را نیز از طریق زهکش‌ها به منابع آب‌های پائین دست منتقل می‌نماید. [۳]

محیط متخلخل خاک علاوه بر آب و هوا، موجودات زنده نظیر کرم خاکی و حشرات و همچنین موجودات ذره‌بینی^(۹) را نیز در خود جای می‌دهد [۴]. وجود این موجودات از یک طرف سبب ایجاد منافذ قطور و طولانی در خاک شده که باعث انتقال سریع جریان آب^(۱۰) و آلاینده‌ها به منابع آب‌ها گردیده و از طرف دیگر به تجزیه سریعتر آلاینده‌ها و رفع آلودگی‌ها^(۱۱) در خاک کمک می‌نمایند. موجودات ذره بینی خاک انرژی مورد نیاز خود را از ترشح آنزیم و تجزیه مواد آلی خاک بدست می‌آورند [۷]. این انرژی همانگونه که شکل ۳ نمایش می‌دهد، به واسطه انتقال الکترون و عمل اکسیداسیون و احیاء در محیط آزاد شده و برای انجام آن وجود یک

-
- 1 - Liquid
 - 2 - Solid
 - 3 - Gas
 - 4 - Porous Media
 - 5 - Micropores
 - 6 - Coupled Flow
 - 7 - Negative and Positive Charges
 - 8 - Contaminant Transport
 - 9 - Microorganisms
 - 10 - Preferential Flow
 - 11 - Decontamination

غیر فلز^(۱) به عنوان قبول کننده الکترون ضروری می‌باشد. هر باکتری به عنوان یک سیستم و جمعیت باکتری‌های خاک به عنوان میلیاردها سیستم می‌توانند ملکول آلاینده‌ها را که در زمره مواد آلی به حساب می‌آیند، در صورت دارا بودن ترکیب مناسب^(۲) مورد استفاده قرار دهند و تجزیه نمایند. در شرایط غیر اشباع که توسط زهکش‌ها در خاک ایجاد می‌گردد، به علت وجود اکسیژن فراوان باکتری‌های هوازی^(۳) موجب تجزیه سریع آلاینده‌های آلی خاک و کاهش آلودگی زه‌آب اراضی می‌گردند. در خاک‌های اشباع، در صورت عدم زهکشی به علت کمبود اکسیژن، تجزیه آلاینده‌ها با سرعت کمتر انجام می‌گردد. در صورت راه یافتن این آب‌ها به سایر نقاط، موجب آلودگی بیشتر آنها می‌گردند [۸]. بنابراین زهکشی اراضی بگونه‌ای که شکل ۴ نشان می‌دهد از یک سو موجب بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک گردیده، ولی از سوی دیگر انتقال نمک‌ها و بقایای ترکیبات شیمیایی خاک به منابع آب‌های پائین دست را نیز تشدید می‌نماید.

شکل ۳

-
- 1 - Electron Acceptor
 - 2 - Bioavailable
 - 3 - Aerobic Bacteria

شکل ۴

۳- اثر زهکشی بر محیط طبیعی

محیط طبیعی شامل زیستگاه‌های گیاهی و جانوری بوده که تحت تاثیر طرح‌های زهکشی قرار می‌گیرد.

گونه‌های گیاهی و جانوری اعم از وحشی و اهلی که در اراضی کشاورزی زیست می‌کنند، تحت تأثیر انهار زهکشی و ابنیه مربوطه، دستخوش تغییرات می‌گردند [۱]. احداث شبکه‌های زهکشی منجر به برهم خوردن تعادل و ارتباط بین گونه‌ها و محیط طبیعی اطراف آنها می‌گردد. شبکه‌های زهکشی به طوری که در شکل ۵ درج گردیده، موجب تغییر در رژیم آبی محیط اطراف زیستگاه‌های گیاهی و جانوری شده و با تخلیه آب‌های اراضی باتلاقی و ماندابی، آبشخورهای طبیعی جانوران را تحت تاثیر قرار می‌دهند. حرکت ماشین‌آلات در دوره‌های ساختمان و بهره‌برداری و نگهداری موجب حذف لانه و آشیانه پرندگان و سایر جانوران می‌گردد. انهار زهکشی و ابنیه

مربوطه، موجب قطع مسیر حرکت جانوران و محدود شدن قلمرو زیستی آنها می‌گردد. محدود شدن دامنه زیستی جانوران سبب کوچ و تقلیل تولید مثل آنها و در پاره‌ای موارد سبب انقراض نسل و تاثیرات منفی در تنوع گونه‌های^(۱) منطقه می‌گردد [۹].

شکل ۵

۴- اثر زهکشی بر محیط اقتصادی

مزرعه به عنوان یک واحد اقتصادی و مرکز تولید محصولات کشاورزی، متشکل از محیط فیزیکی و محیط طبیعی بوده و توسط شبکه زهکشی متأثر می‌گردد. محیط فیزیکی با دربرداشتن منابع آب و خاک برای تولید محصولات زراعی و فرآورده‌های دامی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اثر اضمحلال اجزای محیط‌های فیزیکی و طبیعی بدلیل افت محصول، مزرعه نیز به نوبه خود دچار صدمات اقتصادی می‌گردد [۱]. افت محصول و کاهش درآمد از عواقب نامطلوب اضمحلال اجزاء محیط‌های فیزیکی و

طبیعی می‌باشد. اقتصاد خانوار روستایی که بر تولید محصول و فروش آن مبتنی است، با به خطر افتادن قابلیت تولید اجزاء محیط‌های فیزیکی و طبیعی دستخوش بی‌ثباتی خواهد شد. به طوریکه شکل ۶ نشان می‌دهد هر چند زهکشی در کوتاه مدت به علت بهبود شرایط خاک و افزایش تولید از جنبه اقتصادی در اراضی بالادست دارای مزایای نسبی می‌باشد، اما در دراز مدت بدلیل تخلیه املاح معدنی و آلی موجب تقلیل کیفیت منابع آب و خاک در سایر اراضی پائین دست می‌گردد. نزول کیفیت منابع آب و خاک، کاهش تولید محصول و کاهش درآمد در یک منطقه و استان را به دنبال خواهد داشت. البته زه‌آب شبکه‌های زهکشی، علاوه بر حمل مواد آلی، باعث انتقال مواد مغذی خاک نظیر نیترات‌ها و فسفات‌ها همچنین پاتوژن‌های بیماری‌زا که در اثر پخش کودهای حیوانی و یا مصرف فاضلاب‌ها و پساب‌ها در سطح خاک پراکنده‌اند، نیز می‌گردند [۱۰].

شکل ۶

۵- اثر زهکشی بر محیط اجتماعی

محیط اجتماعی متشکل از خانوار روستایی و روستا در اثر احداث شبکه‌های زهکشی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. شبکه زهکشی همانگونه که شکل ۷ نشان می‌دهد در کوتاه مدت به دلیل بهبود شرایط خاک و افزایش درآمد، رفاه نسبی برای خانوار روستایی و اجتماعات روستایی ایجاد می‌کند. اما در درازمدت نزول کیفیت منابع آب و خاک باعث کاهش حاصلخیزی و رها شدن اراضی گردیده که این خود مقدمه کاهش اشتغال‌زایی در منطقه و فراهم شدن زمینه مهاجرت کشاورزان به شهرها می‌گردد.

شکل ۷

۶- راه‌های مقابله با اثرات سوء زهکشی

زهکشی در اجزاء مختلف محیط زیست یعنی محیط‌های فیزیکی، طبیعی، اقتصادی و اجتماعی اثر گذارده و در بهبود یا نزول کمی و کیفی اجزاء آن نقش تعیین کننده دارد. در هر مزرعه، مجموعه عملیات کاشت، داشت و برداشت به سهم خود در بهبود و یا تقلیل کیفیت محیط‌های چهارگانه تأثیرات به سزایی دارد. با مدیریت عملیات کاشت، داشت و برداشت از جمله زهکشی در داخل هر مزرعه می‌توان همانگونه که شکل ۸ نمایش می‌دهد به پیشگیری^(۱) اثرات منفی زیست محیطی و تقویت جنبه‌های مثبت آن مبادرت نمود. قبل از خروج محصولات زراعی و زه‌آبها از مزرعه نیز می‌توان با اجرای بعضی راه‌های اصلاحی، موجبات کاهش اثرات منفی در محیط زیست را فراهم کرد. در قالب مجموعه فعالیت‌های *Phytoremediation* و *Bioremediation* می‌توان با اثرات سوء زهکشی مقابله نمود [۷]. به عنوان مثال برای کنترل کیفیت پساب‌ها قبل از دفع آنها به طوریکه در شکل ۸ مندرج است می‌توان از روش‌های آبیاری زیرزمینی و زهکشی کنترل شده [۱۱]، استخرهای طبیعی، استخرهای مصنوعی، مرداب‌ها^(۲)، نوارهای سبز^(۳)، کانال‌های سبز^(۴)، فیلتر چمن^(۵)، فیلتر خاک^(۶) و حوضچه‌های تبخیری^(۷) استفاده نمود. البته راه‌های کاهش اثر زه‌آب‌ها تنها به روش‌های ذکر شده محدود نمی‌گردد، بلکه می‌توان از روش‌های فوق‌الذکر که بر تجربیات محققین سایر کشورها مبتنی می‌باشد، به عنوان الگو استفاده نمود و پس از انجام تحقیقات در مزارع آزمایشی و مزارع از نتایج تحقیقات به صورت کاربردی استفاده نمود.

-
- 1 - Reducing Measures
 - 2 - Wetlands
 - 3 - Buffer Strips
 - 4 - Vegetated Channels
 - 5 - Grass Filter
 - 6 - Soil Filter
 - 7 - Evaporation Ponds

شکل ۸

۷- نتیجه گیری

زهکشی که با هدف بهبود شرایط فیزیکی خاک و کنترل شوری در اراضی کشاورزی احداث می‌گردد، به طوریکه در شکل‌های ۹ و ۱۰ ملاحظه می‌گردد به شرح زیر در اجزاء مختلف محیط زیست اثر می‌گذارد. زهکشی در محیط فیزیکی موجب بهبود فیزیکی خاک و بهبود شرایط زیستی باکتری‌های هوازی گردیده ولی در ضمن، سبب انتقال سریع آلاینده‌ها و نزول کیفیت منابع آب و خاک اراضی پائین دست می‌گردد. احداث انهار و ابنیه زهکشی در محیط طبیعی، سبب تغییر در رژیم آبی زیستگاه‌های گیاهی و جانوری گردیده، آبشخوارهای جانوران را دچار خشکی نموده، لانه‌سازی حیوانات را مختل ساخته، مسیر عبور حیوانات را قطع کرده، قلمرو زیستی حیوانات را محدود ساخته و بر تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری اثرات منفی می‌گذارد. محیط اقتصادی نیز به نوبه خود تحت تاثیر زهکشی قرار می‌گیرد. اثرات کوتاه مدت زهکشی بر محیط اقتصادی شامل افزایش محصول و ازدیاد درآمد زارعین می‌باشد. در صورت عدم مدیریت‌های لازم محیط اقتصادی در دراز مدت دچار نزول و اضمحلال کیفیت منابع آب و خاک اراضی پائین دست گردیده و کاهش محصول و درآمد را به دنبال خواهد داشت.

شکل ۹

شکل ۱۰

محیط اجتماعی متشکل از روستا و خانوارهای کشاورزان، هر چند در کوتاه مدت در اراضی بالادست به دلیل افزایش محصول و درآمد از رفاه نسبی بر خوردار می‌گردد، اما در دراز مدت در اراضی پائین دست به سبب نزول کیفیت منابع آب و خاک و کاهش محصول به مرور اشتغال‌زایی کاهش یافته و با ایجاد بی‌ثباتی در روستا مقدمات مهاجرت کشاورزان به شهرها فراهم می‌گردد. برای پرهیز از اثرات منفی زهکشی بر اجزاء محیط زیست، در درجه اول باید دانش زیست محیطی کارشناسان و مدیران مربوطه افزایش یابد و در مراحل بعدی با گسترش امکان تحقیقات، اثرات زهکشی بر محیط زیست و راه‌های مقابله با آن مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

منابع

- [1] Ochs, W.J. and B. G. Bishay. 1992. Drainage guidelines. World Bank Technical Paper Number 195. Washington, D.C. USA. Pp. 186.
- [2] Biswas, A.K. 1992. Irrigation and environmental management: some major issues for developing countries In: Developing and improving irrigation and drainage systems. Ed by: G. Moigne, S. Barghouti and L. Garbus. World Bank Technical Paper Number 178. Washington, D.C. USA. Pp. 155-161.
- [3] Dougherty, T.C. and A.W. Hall. 1995. Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects. FAO irrigation and drainage paper 53. Rome. Italy Pp. 74.
- [4] Irwin, R.W. 1991. Handbook of drainage principles. Ontario Ministry of Agriculture and Food. Publication 73. Ontario. Canada. Pp. 32
- [5] Mackay, D.M., P.V. Roberts and J.A. Cherry. 1985. Transport of organic contaminants in groundwater. *Enviro. Sci. Technol.*, 19 (5): 384 – 393.
- [6] Shakelford, C.D. 1993. Contaminant transport. In: *Geotechnical practice for waste disposal*. Ed. By D.E. Daniel. Chapman & Hall, London. 33 – 65.
- [7] جبلی، سید جلال. ۱۳۷۹. اثرات زیست محیطی روش‌های زهکشی کنترل شده و آبیاری زیرزمینی. در فصلنامه شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس. دوره جدید شماره ششم. بهار، صفحه ۱۵-۱۷.

[8] Jebellie, S.J., S.O. Prasher and R.S. Clemente. 1999. Effect of subirrigation on the mobility of atrazine. Transaction of ASAE. 42 (2): 391 – 402.

[9] Le Moigne, G. 1992. Comprehensive water resources management In: Developing and improving irrigation and drainage systems. Ed by: G. Moigne, S. Barghouti and L. Garbus. World Bank Technical Paper Number 178. Washington, D.C. USA. Pp. 57 – 61.

[10] Anonymous 1991. Environmental assessment source book. Environment Department. Sectoral Guidelines. World Bank Technical Paper Number 140. Washington, D.C. USA. Pp. 282.

[۱۱] جبلی، سید جلال. ۱۳۷۸. رفع آلودگی‌های آب و خاک به کمک موجودات ذره‌بینی (Bioremediation) در مجموعه مقالات اولین سمپوزیم بین‌المللی مهندسی محیط زیست. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۲۷-۲۹ دیماه، صفحه ۶۷-۷۴.

ملاحظات زیست محیطی در طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی^(۱)

صمد دربندی^(۲)

چکیده

معیارهای رایج طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی، کنترل شوری و پایین نگه داشتن سطح ایستابی (جهت تهویه محیط ریشه گیاه) هستند. رهاسازی زه‌آب‌های آلوده به نیترات‌ها، بقایای علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها و عناصری مثل سلنیوم، بر، آرسنیک و انواع نمک‌ها در محیط، باعث به وجود آمدن مسائل جدی زیست محیطی شده و در نتیجه، معیار دیگری تحت عنوان حفاظت از محیط زیست به معیارهای مرسوم افزوده شده است.

از این رو ضروری است معیارهای رایج طراحی و مدیریت بگونه‌ای بازنگری شوند که جنبه‌های زیست محیطی نیز در آنها گنجانده شود. مدیریت سیستم‌هایی که با معیارهای رایج طراحی شده‌اند و نیز طراحی سیستم‌های زهکشی جدید، باید بگونه‌ای باشد که حجم زه‌آب‌ها و غلظت عناصر و نمک‌های موجود در آن به حداقل مقدار ممکن برسد. کاهش فاصله و عمق زهکش‌ها، مدیریت سطح ایستابی، جلوگیری از خروج زه‌آب‌ها در دوره‌های زمانی مشخص و معین کردن مناطقی که بیشترین سهم آلودگی را دارند، از جمله تمهیداتی است که اهداف فوق‌الذکر را تا اندازه‌ای می‌تواند برآورده کند. در این مقاله ابتدا به برخی از اثرات سوء زهکشی بر روی کیفیت منابع آب پرداخته و سپس به روش‌های کنترل و کاهش این اثرات و نتایج به دست آمده از بکارگیری این روش‌ها توسط محققین در مناطق مختلف اشاره خواهد شد.

۱- ارائه شده در «دومین کارگاه فنی زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران ۱۳۸۰

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز و عضو گروه کار «زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

۱ - مقدمه

در معیارهای متداول زهکشی، بطور عمده به دو مسئله تهویه خاک و کنترل شوری توجه می‌شود. گرچه کنترل شوری، خود عاملی برای حفاظت از محیط زیست به حساب می‌آید، ولی در سال‌های اخیر به این مسئله پی برده شده است که کنترل شوری به تنهایی کافی نیست، بلکه باید به میزان دفع رسوبات و عناصر کمیابی نظیر سلنیوم، بر، آرسنیک، فلزات سنگین، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، نیتрат‌ها، فسفر و غیره نیز توجه شود. به نظر می‌رسد که توجه به کلیه موارد یاد شده، نیازمند معرفی معیارهای جدید طراحی برای زهکش‌های سطحی و زیرزمینی است.

امروزه عملکرد گذشته مهندسين زهکشی در خشکانیدن تالاب‌ها و تبدیل آنها به اراضی متمر کشاورزی به زیر سؤال رفته و در برخی کشورها کوشش می‌شود که وضعیت آب و خاک به حالت طبیعی گذشته بازگردانده شود. در این راستا قوانینی وضع گردیده که دولت، اعیانی احداث شده بر روی این اراضی را خریداری کند و تالاب‌ها و مرداب‌ها را بازسازی کند.

فرسایش و رسوب‌گذاری، یکی دیگر از عوامل تخریب محیط زیست به شمار می‌رود. این عوامل در درجه اول، به زهکشی سطحی باز می‌گردد و نقش زهکشی زیرزمینی در آن زیاد نیست. شاید بتوان گفت که زهکشی زیرزمینی با کاهش رواناب سطحی می‌تواند نقش مثبتی در کاهش میزان رسوب داشته باشد و از این رو، عاملی مثبت برای بهبود شرایط زیست محیطی تلقی شود.

دفع نیتروژن به صورت نیترات عاملی مرگبار است. نیتروژن زیاد به صورت نیتراتی موجب بیماری سرطان و برخی دیگر از بیماری‌ها می‌شود. ثابت شده است که هر چه زهکشی زیرزمینی ضعیف‌تر باشد، نیتروژن نیتراتی کمتری دفع می‌شود و بنابراین، زهکشی زیرزمینی عاملی منفی تلقی می‌گردد. از همین روست که توصیه می‌شود که در بهره‌برداری از شبکه زهکشی زیرزمینی به این مسئله توجه بیشتری شود. ثابت شده است که در مواقع خاص و به ویژه پس از کوددهی، چنانچه زهکش‌ها بسته شده و اجازه داده نشود که زه‌آبی از آن خارج گردد، دنیتریفیکاسیون

موجب کاهش خطرات زیست محیطی می‌شود. بنابراین با تمهیداتی می‌توان عملکرد زهکشی زیرزمینی را بهبود بخشید.

دفع فسفر از خاک، به‌طور کلی موجب می‌شود که غلظت آن در محل تخلیه نهایی افزایش یابد و پدیده‌ای که به آن اصطلاحاً غنی‌سازی^(۱) گفته می‌شود پیش بیاید. تراکم بیش از حد فسفر باعث تشدید فرآیند غنی‌سازی گردیده و تعادل موجودات آبی را به هم می‌زند. فسفر بیشتر به صورت معلق و توسط زهکش‌های سطحی منتقل می‌شود و راه‌هایی برای کاهش دفع فسفر وجود دارد.

بقایای سموم نباتی نیز عامل مهم دیگری در ایجاد مشکلات زیست محیطی بشمار می‌روند. ثابت شده است که نقش زهکش‌های سطحی در دفع این مواد، بیش از زهکش‌های زیرزمینی است. حتی می‌توان گفت که زهکشی زیرزمینی با ایجاد تأخیر در دفع این مواد، عاملی پالاینده به شمار می‌رود و موجب کاهش خطرات مربوط به آن می‌گردد.

از مجموعه آنچه گفته شد چنین برمی‌آید که نقش زهکشی سطحی در دفع آلاینده‌ها بیش از نقش زهکشی زیرزمینی است. از این رو بهبود راندمان آبیاری و کاستن از میزان رواناب سطحی، می‌تواند عامل مهمی برای کاهش خطرات زیست محیطی به حساب آید.

در زهکشی زیرزمینی نیز راه‌هایی برای کاستن از خطراتی که محیط زیست را تهدید می‌کند وجود دارد. یکی از این راه‌ها که می‌تواند در برخی از مناطق مؤثر واقع شود، کاستن از عمق زهکش‌هاست. گرچه این امر موجب کاهش فاصله زهکش‌ها از یکدیگر می‌شود، ولی مسیر جریان را کوتاه می‌کند و از عمق آن می‌کاهد. در نتیجه، شستشوی کمتری در خاک صورت می‌گیرد و دفع آلاینده‌ها کاهش می‌یابد.

استفاده گیاه از سفره آب زیرزمینی نیز عامل مهم دیگری برای کاستن از خطرات زیست محیطی است. به‌طور کلی ثابت شده است که هر چه حجم رواناب و غلظت عوامل آلاینده در آن کاهش یابد، خطرات زیست محیطی نیز کم می‌شود. از این رو،

باید به استفاده گیاه از آب زیرزمینی و یا آبیاری زیرزمینی محدود نیز بهای بیشتری داده شود.

۲- اثرات سوء زهکشی بر روی کیفیت منابع آب

کاربرد کودها و سموم نباتی باعث وارد شدن مقادیر زیادی مواد شیمیایی به اراضی کشاورزی می‌شود. وجود شبکه‌های زهکشی باعث می‌شود تا این مواد شیمیایی توسط زه‌آب‌های سطحی یا زیرزمینی از اراضی خارج شده و به منابع آب بپیوندند.

آلوده شدن منابع آب با کیفیت خوب به این مواد باعث بر هم زدن و به مخاطره افتادن بوم‌سازگان آبی^(۱) شده و گاه مصرف آن را برای شرب غیرممکن می‌سازد.

۲-۱- اثرات زهکشی تالابها^(۲) بر بوم‌سازگان آنها

نظر افکار عمومی درباره زهکشی تالابها این بوده است که زهکشی باعث تبدیل این اراضی به مزارع قابل استفاده کشاورزی می‌گردد. اما اثرات زهکشی بر روی محیط زیست خصوصاً از نظر کیفیت آب تالابها امروزه به یک مسئله و مشکل اساسی تبدیل شده است. تالابها از نظر هیدرولوژی و بوم‌شناختی^(۳) بسیار سودمند هستند. تالابها را می‌توان به عنوان پالایشگاه بقایای مواد شیمیایی موجود در رواناب‌های سطحی و زه‌آب‌های اراضی کشاورزی قلمداد نمود. ریشه گیاهان و باکتری‌های موجود در تالابها باعث تجزیه این مواد آلاینده به ترکیبات بی‌ضرر می‌شود. زهکشی این اراضی باعث می‌شود که تالابها از فیلتر یا صافی تصفیه‌کننده آب به منبعی از آلودگی تبدیل شده و بوم‌سازگان آبی از بین بروند.

تغییر گیاهان بومی این اراضی به گیاهان زراعی از طریق زهکشی، موجب ایجاد خسارت‌های ناشی از رسوب، افزایش مواد غذایی (مثل فسفر و ازت) و سموم نباتی

1 - Aquatic Ecosystems

2 - Wetlands

3 - Ecological

می‌شود. لیکن این پدیده تنها به دلیل زهکشی به وجود نمی‌آید، بلکه نتیجه افزودن مواد غذایی به خاک، استفاده از آفت‌کش‌ها، روش‌های کشت و کار و غیره می‌باشد. با توجه به مطالب مذکور و در نتیجه آگاهی کنونی درباره ارزش و عملکرد تالاب‌ها، امروزه فشارهایی از نظر زیست محیطی در مورد نگهداری این اراضی به همان وضعیت طبیعی خود به وجود آمده، و در اکثر کشورهای جهان دیگر هیچ زمین مرطوب و تالابی برای کشاورزی زهکشی نمی‌گردد. در آمریکا قانون امنیت غذایی^(۱) از ۲۳ دسامبر ۱۹۸۵ هر گونه تغییر و دستکاری در رژیم هیدرولوژیکی تالاب‌ها جهت تولید محصولات کشاورزی را ممنوع کرده است. تلاش‌های آینده برای بهبود زهکشی احتمالاً تنها به مزارعی که قبلاً در آن کشاورزی نشده، محدود خواهد شد.

۲-۲- زیان‌های ناشی از رسوبگذاری

اثرات جانبی فرسایش و رسوبگذاری مانند تأثیر روی کیفیت آب و نیز پایداری تولیدات کشاورزی از سال‌های دهه ۱۹۳۰ نگرانی‌هایی را به وجود آورده است. زیان‌های رسوبگذاری آب اراضی زراعی در وهله اول از طریق رواناب‌های سطحی و در مرحله بعد تا حدود کمی در اثر نفوذ آب از ناحیه پایین ریشه‌ها انجام می‌گیرد. بنابراین اثرات زهکشی زیرزمینی بر روی زیان‌های رسوبگذاری، بستگی به چگونگی اثرات زهکشی بر روی هیدرولوژی مزرعه دارد. زهکشی زیرزمینی سرعت دفع رطوبت اضافی در پروفیل خاک (بیش از حد ظرفیت زراعی خاک) در فاصله یک رگبار را افزایش می‌دهد. زهکشی زیرزمینی همچنین شدت و حجم رواناب سطحی را کاهش می‌دهد. بنابراین، از آنجا که فرسایش آبی بستگی به فرسایش‌پذیری خاک و ظرفیت جابجایی زه‌آب‌های سطحی دارد، هرچه این زه‌آب‌ها کمتر گردد، رسوبگذاری نیز کاهش می‌یابد. با عنایت به موارد مذکور، زیان‌های ناشی از رسوبگذاری در درجه اول مربوط به زهکشی سطحی است و نقش زهکشی زیرزمینی در آن چندان قابل توجه نیست.

۲-۳- دفع نیتروژن

آبشویی نیتروژن از اراضی کشاورزی توسط زهکش‌های سطحی و زیرزمینی و وارد شدن آن به داخل آب‌های سطحی از اواخر دهه ۱۹۶۰ نگرانی‌هایی در سطح دنیا به وجود آورده است (کامونر^(۱)، ۱۹۷۰). نیتروژن، اغلب باعث به مخاطره افتادن زندگی موجودات آبی شده و تولیدات دریایی را محدود می‌سازد.

مصرف آب‌های آلوده به $\text{NO}_3\text{-N}$ (نیتروژن به صورت نترات) ممکن است منجر به بیماری متموگلوبینمیا^(۲) در انسان و حیوان گردد. در اثر این بیماری، اکسیژن نمی‌تواند به هموگلوبین خون متصل شود و در نتیجه بیمار دچار مشکل می‌شود. علاوه بر این، ثابت شده است که نترات‌ها عاملی سرطان‌زا هستند. سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) حداکثر مقدار مجاز NO_3 را در آب آشامیدنی ۴۵ میلی‌گرم در لیتر یا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر $\text{NO}_3\text{-N}$ تعیین نموده است.

زهکشی اثر زیادی بر روی دفع نیتروژن از زمین‌های زراعی به داخل آب‌های سطحی دارد. دفع نیتروژن از خاک‌های با زهکشی ضعیف عموماً بسیار کمتر از خاک‌های با سیستم‌های زهکشی توسعه یافته می‌باشد (فوجیل و بلچر^(۳)، ۱۹۹۱؛ گمبرل^(۴) و همکاران، ۱۹۷۵).

نیتروژنی که به وسیله زه‌آب‌های سطحی منتقل می‌شود، اغلب از نوع نیتروژن آلی است که با رسوبات آب می‌پیوندد (آلبرتس^(۵) و همکاران، ۱۹۷۸). بنابراین هر تمهیدی که باعث کاهش رسوب‌گذاری شود، موجب کاهش تلفات نیتروژن آلی می‌گردد. به دلیل آن که کودهای نیتروژنه معدنی به شدت در آب محلول می‌باشند، اولین آبیاری یا بارندگی باعث وارد شدن این کودها به داخل خاک می‌شود. بنابراین رواناب‌های سطحی حتی بلافاصله پس از کودپاشی دارای مقادیر بسیار کمی نیتروژن معدنی هستند (دانینگن^(۶) و همکاران، ۱۹۷۶؛ رامکنز^(۷) و همکاران، ۱۹۷۳). مثالی در مورد اثر

-
- 1 - Commoner
 - 2 - Methemoglobinemia
 - 3 - Fogiel and Belcher
 - 4 - Gambrell
 - 5 - Alberts
 - 6 - Dunigan
 - 7 - Romkens

نوع زهکش بر روی دفع ازت در جدول (۱) نشان داده شده است (گیلیوم و اسکگز^(۱)، ۱۹۸۶).

این اطلاعات مربوط به سه مزرعه در Coastal plain در کارولینای شمالی است که در آن نوع خاک و مدیریت مشابه بوده ولی سیستم‌های زهکشی متفاوت می‌باشند. مزرعه اول دارای زهکش سطحی توسعه داده شده همراه با زهکش زیرزمینی ضعیف می‌باشد. مزرعه دوم دارای زهکش سطحی توسعه داده شده با زهکش زیرزمینی متوسط و وجود یک لایه شن در عمق تقریبی یک متری است که این لایه شنی زه‌آب را به نهرها وارد می‌نماید. مزرعه سوم با زهکشی سطحی همانند دو مزرعه قبل و زهکشی زیرزمینی خوب می‌باشد.

جدول ۱- اثر زهکشی زیرزمینی بر روی دفع N و P از سه مزرعه با خاک و مدیریت مشابه در کارولینای شمالی (گیلیوم و اسکگز، ۱۹۸۶).

زهکشی زیرزمینی			مواد غذایی
کیلوگرم در هکتار در سال			
ضعیف	متوسط	خوب	
۳/۷	۱۵/۵	۳۲/۴	NO ₃ -N
۱۳/۶	۲۰	۴۲/۱	کل نیتروژن
۰/۵۳	۰/۳۳	۰/۲۱	کل فسفر

مزرعه‌ای که فقط زهکش سطحی داشته، به دلیل جابجایی بیشتر رسوبات، نیتروژن آلی بیشتری از دست می‌داد. اما به محض اینکه زهکشی زیرزمینی توسعه یافت، افزایش دفع نیترات خیلی بیشتر از دفع نیتروژن آلی بود.

متأسفانه در ایران هیچگونه اندازه‌گیری در مورد نیترات موجود در زه‌آب‌ها صورت نگرفته است. فقط سازمان آب منطقه‌ای گیلان در اراضی زیر سد سفیدرود به منظور ارزیابی کیفیت زه‌آب‌های سطحی شالیزارها جهت استفاده مجدد از آنها در این مورد اقداماتی انجام داده است که نتایج آن به دلیل ادامه داشتن مطالعات هنوز منتشر نشده است.

۲-۴- دفع فسفر

فسفر در اغلب موارد به عنوان یک عنصر غذایی مختل کننده تعادل غنی‌سازی^(۱) در اکوسیستم‌های آب شیرین محسوب می‌گردد. اکوسیستم‌های مذکور فسفر را از مناطق شهری و کشاورزی مجاور خود دریافت می‌کنند. در سال‌های اخیر افزایش مصرف کود باعث شده فسفر حمل شده به این سیستم‌ها نیز افزایش یابد. جابجایی فسفر به دو حالت محلول و یا ذرات معلق صورت می‌گیرد. فسفر محلول از طریق زهکش‌های سطحی و زیرزمینی منتقل می‌شود، در حالی که فسفر معلق (مواد رسوبی) تنها توسط رواناب‌های سطحی انتقال می‌یابد. فسفر محلول نه تنها در ترکیب با مواد ریز خاک بلکه در ترکیب با مواد آلی موجود در رواناب‌های سطحی جابجا می‌شود. حداکثر مقدار مجاز فسفر محلول و فسفر کل به ترتیب ۱۰ و ۲۰ میکروگرم در لیتر است. تراکم فسفر به میزان بیشتر از مقادیر فوق باعث تشدید فرآیند غنی‌سازی سیستم‌های آبی می‌گردد (شارپلی^(۲) و همکاران، ۱۹۸۷) در جنوب فلوریدا وقوع فرآیند غنی‌سازی در دریاچه اکیچوبی^(۳) به علت ورود مواد غذایی به ویژه فسفر از مناطق کشاورزی بسیار تشدید شده است (فدنکو^(۴) و همکاران، ۱۹۷۸). بخش اعظم این فسفر به صورت زه‌آب‌های خروجی از مزارع دامداری به دریاچه منتقل شده است. تخلیه زیاد فسفر از مزارع یاد شده از ظرفیت ضعیف جذب فسفر در خاک این مزارع که اسپودوسول شنی^(۵) می‌باشد ناشی می‌گردد.

در اکثر خاک‌های معدنی با نفوذ عمقی پایین، انتقال فسفر معمولاً بوسیله رواناب‌های سطحی صورت می‌پذیرد در حالی که دفع فسفر در خاک‌های لومی شنی نظیر خاک رده اسپودوسول در ایالت فلوریدا عمدتاً از طریق جریان‌ات زیرزمینی اتفاق می‌افتد. در مزارعی با خاک‌های معدنی که به زهکش‌های عمقی مجهز شده‌اند، دفع

۱- غنی‌سازی پدیده‌ای است که در آن به سبب تجمع مواد غذایی در آب، گیاهان آبی رشد بیش از حد کرده و تعادل اکوسیستم آبی را به هم می‌زنند.

- 2 - Sharpley
- 3 - Okeechobee
- 4 - Fedenco
- 5 - Sandy Spodosol

فسفر توسط محققین متعددی تأیید و گزارش شده است (بیکر^(۱) و همکاران، ۱۹۷۵؛ هرگنت^(۲) و همکاران، ۱۹۸۱) میزان غلظت فسفر در این زهکش‌ها بین ۰/۰۴ تا ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر که معادل ۰/۰۳ تا ۰/۵ کیلوگرم فسفر در هکتار است اندازه‌گیری شده است.

۲-۵- دفع سموم نباتی

تجمع سموم نباتی در جریان‌ات سطحی معمولاً بسیار بیشتر از مقداری است که از طریق شستشوی خاک خارج می‌شود. علاوه بر آن، بالا بودن میزان نفوذپذیری در ابتدای وقوع سیلاب‌ها، باعث تأخیر در ظهور رواناب‌ها شده و در نتیجه تجمع سموم نباتی را در خاک سطحی و به دنبال آن در رواناب‌های حاصله به ویژه اولین رواناب پس از کاربرد سموم نباتی که بیشترین دفع را به همراه دارد، کاهش خواهد داد. بنابراین اثر زهکشی عمقی بر دفع سموم نباتی همانند دفع رسوبات، عمدتاً بستگی به تأثیر زهکشی زیرزمینی در هیدرولوژی مزرعه دارد.

مطالعه‌ای که توسط بنگتسون^(۳) و همکاران، (۱۹۹۰) و ساوتویک^(۴) و همکاران، (۱۹۹۰) بر روی خاک‌های آبرفتی تقریباً مسطح دره پایین می‌سی‌سی‌پی انجام گرفته، نحوه تأثیرگذاری فوق را بر روی سم آترازین^(۵) و متولاکلر^(۶) نشان می‌دهد. نتایج مطالعات آنها نشان داد که اثر هیدرولوژیکی زهکش زیرزمینی باعث کاهش رواناب‌های سطحی به میزان ۳۷ درصد در مدت یک ماه پس از کاربرد علفکش‌ها و برای طول دوره رشد به میزان ۳۸ درصد شد. تجمع علفکش‌ها در حداکثر مقدار خود در دوازده روز پس از بکارگیری سم در اولین رواناب اتفاق افتاد بدین صورت که افزایش نفوذپذیری حاصله از زهکش زیرزمینی، باعث کاهش آترازین و متولاکلر به ترتیب به میزان ۳۹ و ۳۷ درصد در رواناب شد. کاهش رواناب باعث تجمع کمتر سم و در نتیجه تقلیل روند دفع سموم از طریق رواناب‌ها در اوایل سال شد. آترازین

1 - Baker

2 - Hergent

3 - Bengtson

4 - Southwick

5 - Atrazine

6 - Metolachlor

و متولاکلر دفع شده در شرایط حضور زهکش زیرزمینی به ترتیب ۵۷ و ۵۸ درصد کاهش داشته است. بنابراین می‌توان اثرات کلی زهکش‌های عمقی را در کاهش درصد دفع و میانگین غلظت در کل زه‌آبها حداقل به میزان ۵۰ درصد در نظر گرفت. نتایج مطالعات کلادیوکو^(۱) و همکاران (۱۹۹۰) در زمینه اثر فواصل زهکش‌ها بر روی دفع سموم نباتی نشان می‌دهد که کل سم جابجا شده به وسیله زهکش‌های عمقی با فاصله ۵ متر بیشترین و با فاصله ۲۰ متر کمترین می‌باشد. بخشی از این تفاوت به علت این است که زهکش‌های با فاصله ۵ متری حداقل دو برابر زهکش‌های با فواصل بیست متری آب جابجا می‌کنند. همچنین طول زیاد مسیر حرکت در زهکش‌های با فواصل بیشتر اجازه می‌دهد که سموم نباتی به طور کامل تجزیه و متلاشی گشته و در نتیجه، اندازه‌گیری مقدار کمتری را نشان دهد.

۲-۶- سهم زه‌آب‌های سطحی و زیرزمینی در دفع مواد آلاینده

برای رسیدن به تولیدات کشاورزی بیشتر، ترکیب‌های مختلفی از زهکشی سطحی و یا زیرزمینی بکارگرفته می‌شود. همانگونه که اشاره شد به طور کلی هر چقدر زهکشی زیرزمینی بهتر باشد، زه‌آب‌های سطحی کمتری به وجود خواهد آمد (بیکر و جانسون^(۲)، ۱۹۷۷؛ اسکگز و همکاران، ۱۹۸۰).

زه‌آب‌های سطحی معمولاً حاوی مقادیر بسیار زیادتری رسوبات، فسفر و سموم نباتی نسبت به زه‌آب خروجی از لوله‌های زهکشی زیرزمینی هستند. کاستن از رواناب‌های سطحی از طریق بهبود سیستم زهکشی زیرزمینی باعث کاهش میزان دفع این آلاینده‌های بالقوه می‌شود. از طرفی، بهبود زهکشی زیرزمینی معمولاً مقادیر زیادی از $\text{NO}_3\text{-N}$ را وارد آب‌های سطحی می‌کند و بدین ترتیب وجود تعادل بین زه‌آب‌های سطحی و زیرزمینی اثر بزرگی بر دفع آلوده‌کننده‌ها از طریق زه‌آب‌ها دارد. اثرات بهبود زهکشی زیرزمینی در دفع ازت و فسفر در جدول (۱) نشان داده شده است.

1 - Kladivko

2 - Baker and Johnson

۳- روش‌های کنترل و کاهش اثرات زهکشی بر کیفیت منابع آب

۳-۱- کاهش فاصله و عمق زهکش‌ها

با افزایش عمق زهکش‌ها، طول و عمق مسیر خطوط جریان نیز افزایش می‌یابد. زهکش‌های عمقی آب‌هایی را جمع‌آوری می‌کنند که برای سالیان طولانی در لایه آبدار باقی مانده‌اند، و یا مربوط به نواحی خارج از مرزهای مزرعه در حال زهکشی هستند. در مناطق خشک که کیفیت آب زیرزمینی گاه با افزایش عمق تنزل پیدا می‌کند، این مسئله باعث جابجا شدن آب زیرزمینی با قدمت طولانی و با کیفیتی نازل به زهکش‌ها می‌شود.

در شکل (۱)، توزیع ECE (عصاره اشباع خاک) برای ۱۵ لایه متناوب ۱/۵ متری عمق خاک در نیمرخ خاکی در شهر فالون^(۱) ایالت نوادا^(۲) نشان داده شده است. مقدار ECE در زیر عمق ۱۵ متری به تندی افزایش می‌یابد و این در جایی است که بافت خاک به یک بافت ریزتر تغییر یافته و معرف یک لایه افقی غیر قابل نفوذ است. هرگاه مسیرهای عمیق‌تر خطوط جریان در زهکش‌های عمیق با فاصله زیاد از نواحی بسیار شور عبور کنند، نمک‌های موجود در این نواحی را به سمت زهکش‌ها انتقال خواهند داد.

دورال و فیو^(۳) (۱۹۹۰) در یکی از مطالعات خود مشاهده کرده‌اند که وقتی زهکش‌ها در عمق ۱/۸ متری نصب شوند، ۳۰ درصد از جریان وارده به داخل آنها از آب زیرزمینی خواهد بود و اگر عمق نصب به ۲/۶ متری برسد، این میزان ۶۰ درصد خواهد شد. همچنین شوری زه‌آب‌های خارج شده از زهکش‌هایی که در عمق ۲ متری نصب شده‌اند بیش از شوری زه‌آب‌های خارج شده از زهکش‌هایی است که در عمق ۱/۷ متری هستند.

1 - Fallon

2 - Nevada

3 - Deveral and Fio

شکل ۱- توزیع عمودی هدایت الکتریکی و بافت خاک (ماتیس و گیتجنز^(۱)، ۱۹۹۵)

۳-۱-۱- بازنگری در معیارهای طراحی زهکش‌های زیرزمینی

معیارهای دفتر عمران اراضی ایالات متحده (USBR) جهت طراحی زهکش‌های زیرزمینی در اکثر مناطق خشک به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کتاب راهنمای زهکشی ارائه شده توسط این سازمان جزئیات طراحی، از مطالعات صحرایی تا نصب زهکش‌ها آورده شده است. براساس توصیه این سازمان، حداقل عمق سطح ایستابی بین دو زهکش بایستی $1/1$ تا $1/5$ متر باشد. همچنین عمق کارگذاری زهکش‌ها با در نظر گرفتن هزینه‌های سیستم و فاصله زهکش‌ها $2/4$ متر پیشنهاد شده است.

کارگذاری زهکش‌ها در عمق بیشتر باعث افزایش فاصله زهکش‌ها و در نتیجه در بسیاری موارد موجب کاهش هزینه‌های سیستم خواهد شد. از طرف دیگر،

زهکش‌های عمیق‌تر و با فاصله زیادتر، مسیر خطوط جریان را عمیق‌تر کرده و در نتیجه آب زیرزمینی بیشتری که کیفیت پایینی دارد به داخل زهکش‌ها انتقال خواهند یافت. بنابراین می‌بینیم که USBR در پیشنهادات خود به مسئله کیفیت آب نپرداخته است.

آیرز و گریسمر^(۱) (۱۹۹۷) جهت ملحوظ داشتن مسئله کیفیت آب، معیارهای USBR را مورد بازنگری قرار داده و پیشنهاد اصلاحی ارائه کرده‌اند. آنها پیشنهاد کرده‌اند که عمق سطح ایستابی در وسط دو زهکش از $1/1 - 1/5$ متری، در تمامی حالات به حدود $0/9$ متری کاهش یابد. این تغییر در عمق تثبیت سطح ایستابی می‌تواند با نصب زهکش‌ها در عمق کمتر و با فاصله کمتر تحقق یابد. در صورتی که کیفیت آب زیرزمینی برای گیاه مناسب باشد، گیاه می‌تواند از این آب استفاده کند.

آیرز و مک‌ورتر^(۲) (۱۹۸۵) گزارش نموده‌اند وقتی در طراحی زهکش‌ها استفاده گیاه از سفره آب زیرزمینی کم‌عمق در نظر گرفته شود، تقریباً ۶۰ درصد از حجم زه‌آب‌ها کاسته می‌شود. نتایج تحقیقات رودز^(۳) (۱۹۸۴) نشان می‌دهد که آستانه مقاومت گیاهان در برابر شوری به ویژه بعد از جوانه‌زنی، از آنچه که سابقاً در منابع علمی آورده شده است، بیشتر است. بنابراین، گیاه اغلب می‌تواند از آب زیرزمینی کم عمق با کیفیت پایین نیز استفاده نماید.

در کنار مسائل فوق‌الذکر، مدیریت سیستم آبیاری را نیز نباید فراموش کرد. بهبود راندمان‌های آبیاری باعث توزیع یکنواخت‌تر آب در سطح مزرعه و کاهش تلفات نفوذ عمقی، در نتیجه کاهش حجم زه‌آب خواهد گردید و کاهش حجم زه‌آب‌ها عموماً با کاهش آلودگی همراه است. تجربه دره گراند^(۴) مثال خوبی در این زمینه می‌باشد. این دره که در کلرادوی غربی واقع است، نقش اساسی در تخلیه نمک‌ها به رودخانه کلرادو دارد. بر اساس یک تخمین $6/35 \times 10^9$ تا $9/07 \times 10^9$ تن نمک در هر سال وارد رودخانه کلرادو می‌گردد. از آنجایی که کنترل آب در داخل مزرعه به صورت ضعیف صورت می‌گیرد، مشخص گردیده است که برنامه‌ریزی صحیح آبیاری می‌تواند به

1 - Ayars and Grismer

2 - Ayars and McWhorter

3 - Rhoades

4 - Grand Valley

عنوان بخش مهمی از مدیریت آب در داخل مزرعه موجب کاهش شوری زه‌آب‌ها باشد (تیلور^(۱)، ۱۹۷۴). مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفت، نشان داد که جهت به حداقل رساندن تلفات نفوذ عمقی (کاهش بار نمک) باید سعی گردد تا راندمان کاربرد آب افزایش یابد.

۳-۱-۲- بررسی روش‌های رایج طراحی زهکش‌های زیرزمینی و مسئله کیفیت آب در طراحی عمق و فاصله زهکش‌ها، باید شبکه جریان، تجزیه و تحلیل شده و مسیرهای واقعی خطوط جریان آب به سمت زهکش‌ها و انتقال املاح و نیز سهم هر کدام از لایه‌های زیرزمین در جریان تعیین گردد. روش هوخهات که برای طرح‌های زهکشی مورد استفاده قرار گرفته و معادله اصلی طراحی در مدل DRAINMOD می‌باشد، فارغ از مسیر خطوط جریان است. در مدل MODFLOW معادله زیر با روش تفاضل‌های محدود حل شده است:

$$\frac{\partial}{\partial X} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial X} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

که در آن:

K_x و K_y = هدایت هیدرولیک بر حسب متر در روز در جهت x و y (m.day^{-1})

h = بار آبی (m)

W = تغذیه یا تخلیه آب (day^{-1})

S_s = ضریب ذخیره ویژه (m^{-1})

با استفاده از این مدل، مسیر خطوط جریان شبیه‌سازی می‌گردد. فیو و دورال^(۲) (۱۹۹۱) مدل MODFLOW را برای نشان دادن مسیرهای جریان به زهکش‌هایی که در عمق ۱/۸ و ۲/۷ متری نصب شده بودند به کار بردند و نشان دادند که با افزایش عمق زهکش‌ها، عمق مسیر خطوط جریان نیز افزایش می‌یابد.

1 - Taylor

2 - Fio and Deveral

مدل SWMS-2D نیز می‌تواند برای شبیه‌سازی مسیر خطوط جریان و انتقال املاح به کار رود. این مدل از یک جریان دو بعدی جامع و مدل انتقال املاح محلول استفاده می‌کند.

۳-۱-۳- یک مثال از طرح شبکه زهکشی زیرزمینی با روش پیشنهادی

فاصله و عمق زهکش‌ها در دو خاک لوم رسی (CL) و لوم شنی (SL)، براساس داده‌های اقلیمی یکساله قسمت غربی دره سان‌جواکوئین و یک برنامه‌ریزی معمول آبیاری که برای کشت پنبه در این خاک‌ها به کار می‌رود توسط آیرز و گریسمر (۱۹۹۷) محاسبه شده و در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- خلاصه نتایج محاسبات فاصله و عمق زهکش‌ها با استفاده از روش طراحی رایج و روش پیشنهادی

عمق زهکش (m)	عمق سطح ایستایی (m)	بافت خاک	فاصله زهکش‌ها (GWC) (m)		فاصله زهکش‌ها (No GWC) (m)	
			راندمان آبیاری		راندمان آبیاری	
			٪۶۰	٪۸۰	٪۶۰	٪۸۰
۱/۵	۰/۹	لوم رسی	۳۱۷	۳۴۱	۱۶۰	۳۲۰
۱/۸	۰/۹	لوم رسی	۴۴۵	۵۷۳	۲۲۸	۴۴۷
۲/۴	۰/۹	لوم رسی	۶۳۰	۸۳۳	۳۸۰	۶۲۵
۲/۴	۱/۲	لوم رسی	۵۴۳	۷۰۷	۲۹۹	۵۴۲
۱/۵	۰/۹	لوم شنی	۴۹۵	۶۳۸	۲۸۵	۴۶۸
۱/۸	۰/۹	لوم شنی	۷۰۹	۹۳۶	۴۰۱	۶۴۲
۲/۴	۰/۹	لوم شنی	۹۹۴	۱۳۸۱	۶۰۰	۸۹۰
۲/۴	۱/۲	لوم شنی	۸۶۱	۱۱۶۸	۴۹۹	۷۷۲

دو برنامه‌ریزی آبیاری متفاوت در نظر گرفته شده است. اولی با فرض این که گیاه از آب زیرزمینی استفاده می‌کند (GWC) و دومی با فرض عدم استفاده گیاه از آب زیرزمینی (NOGWC). در هر دو برنامه‌ریزی، راندمان آبیاری ۶۰ و ۸۰ درصد فرض شده است. همانگونه که از جدول (۲) مشخص است، بهبود راندمان آبیاری به

طور معنی‌داری بر روی فاصله زهکش‌ها و در نتیجه کاهش جریان زه‌آب‌ها مؤثر می‌باشد. همچنین در حالت GWC که گیاه از آب زیرزمینی استفاده می‌کند، فاصله زهکش‌ها نسبت به حالت NOGWC بیشتر می‌باشد. در این جدول براساس معیارهای USBR، برای روش طراحی رایج، عمق زهکش‌ها $2/4$ متر و عمق سطح ایستابی $1/2$ متر در نظر گرفته شده است. با توجه به افزایش هزینه‌های نصب با عمق، روش پیشنهادی ممکن است بیشتر از روش USBR مقرون به صرفه باشد.

به منظور بررسی اثر راندمان آبیاری، فاصله و عمق زهکش‌ها بر روی کیفیت آب، دو حالت که در آن فاصله زهکش‌ها با روش پیشنهادی در خاک CL محاسبه شده بود و یک حالت که فاصله زهکش‌ها با روش رایج USBR محاسبه شده بود، انتخاب و با یکدیگر مقایسه گردید. طرح‌های انتخاب شده به صورت زیر بودند:

- A- فاصله زهکش‌ها ۲۹۹ متر، عمق زهکش‌ها $2/4$ متر، عمق سطح ایستابی $1/2$ متر، راندمان آبیاری ۶۰ درصد
- B- فاصله زهکش‌ها ۳۲۰ متر، عمق زهکش‌ها $1/5$ متر، عمق سطح ایستابی $0/9$ متر، راندمان آبیاری ۸۰ درصد
- C- فاصله زهکش‌ها ۱۶۰ متر، عمق زهکش‌ها $1/5$ متر، عمق سطح ایستابی $0/9$ متر، راندمان آبیاری ۶۰ درصد

جهت تحلیل جریان به طرف زهکش‌ها در حالت غیرماندگار برای مشخص نمودن این که هر کدام از لایه‌های خاک چه سهمی در جریان دارند، از مدل SWMS-2D که توسط سیمونک^(۱) و همکاران (۱۹۹۶) ابداع شده است، استفاده گردید. نتایج حاصله در جدول (۳) آورده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که ضمن کاهش عمق زهکش‌ها از $2/4$ به $1/5$ متری، درصد جریان از لایه $1/2$ متری سطح زمین در هر دو راندمان ۶۰ و ۸۰ درصد، افزایش می‌یابد.

برای فواصل ۲۹۹ و ۳۲۰ متری با کاهش عمق زهکش‌ها و افزایش راندمان آبیاری آب بیشتری از عمق ۱۸۰ - ۰ سانتیمتری به سمت زهکش‌ها جریان پیدا می‌کند.

جدول ۳- درصد جریان به سمت زهکش‌ها از هر کدام از لایه‌های خاک در سه طرح

C,B,A

طرح C	طرح B	طرح A	لایه (cm)
۲۱/۷	۲۳/۹	۱۸/۰	۰ - ۳۰
۲۰/۰	۲۰/۷	۱۶/۲	۳۰ - ۶۰
۱۵/۶	۱۵/۱	۱۴/۰	۶۰ - ۹۰
۱۴/۴	۱۰/۳	۱۳/۲	۹۰ - ۱۲۰
۱۵/۵	۸/۸	۱۴/۶	۱۲۰ - ۱۵۰
۱۰/۶	۱۰/۲	۱۵/۸	۱۵۰ - ۱۸۰
۷۱/۷	۷۰/۷	۶۱/۴	درصد جریان ۰ - ۱۲۰
۲۸/۳	۲۹/۳	۲۸/۶	درصد جریان ۱۲۰ - ۳۰۰

به منظور تعیین EC نهایی زه‌آب در هر سه طرح، مقدار EC هر لایه و نیز میزان جریان از هر کدام از لایه‌ها محاسبه شده است. مقدار EC لایه‌های خاک از پروفیل شوری خاک که از 0.05 ds/m در سطح خاک شروع شده و به $4/7 \text{ ds/m}$ در عمق $2/4$ متری می‌رسد، استخراج شده است. نتایج نشان می‌دهد که EC متوسط زه‌آب‌های طرح A برابر $1/7 \text{ ds/m}$ ، طرح B برابر $1/6 \text{ ds/m}$ و طرح C برابر $1/5 \text{ ds/m}$ می‌باشد، که نشان می‌دهد با کاهش عمق و فاصله زهکش‌ها مقدار شوری زه‌آب‌ها کاهش می‌یابد. البته لازم به توضیح است که EC به تنهایی بیان‌کننده کیفیت زه‌آب‌ها نمی‌باشد و بایستی کل بار نمک‌ها^(۱) محاسبه شود (غلظت نمک‌ها ضربدر دبی). با ادامه بررسی‌ها مشخص می‌شود که بیشترین مقدار بار نمک در سیستم A، سپس سیستم C و کمترین مقدار در سیستم B می‌باشد.

به طور کلی نتایج این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با کاهش عمق زهکش‌ها جریان از نواحی کم عمق‌تر خاک صورت می‌گیرد که آب این نواحی شوری کمتری دارند. با ثابت ماندن فاصله زهکش‌ها، افزایش راندمان آبیاری باعث کاهش حجم زه‌آب‌ها و همچنین کاهش عمق زهکش‌ها و مقدار EC خواهد شد. همچنین نتایج نشان می‌دهد

کاهش عمق زهکش‌ها، مقدار بار املاح را کاهش خواهد داد حتی اگر راندمان آبیاری بهبود نیابد.

۳-۲- مدیریت سطح ایستابی (زهکشی کنترل‌شده) جهت کنترل غلظت نیترات‌ها

با انجام زهکشی زیرزمینی، آبشویی نیترات و در نتیجه آلودگی آب‌های سطحی افزایش می‌یابد زیرا وقتی جریان آب از خاک افزایش می‌یابد، نیترات بدلیل حلالیت زیاد همراه زه‌آب‌ها وارد محیط می‌گردد. در ۲۵ سال گذشته آبشویی $\text{NO}_3\text{-N}$ از اراضی کشاورزی باعث به خطر افتادن سلامت انسان و دیگر موجودات زنده و آلودگی محیط زیست شده است. بنابراین ضروری است از طریق راهکارهای مدیریتی آب و خاک، مقدار تلفات آبشویی $\text{NO}_3\text{-N}$ را به حداقل مقدار رسانده و راندمان جذب ازت را افزایش داد.

در این زمینه تحقیقی توسط مجیا^(۱) و همکاران (۱۹۹۸) در طول سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ در یک مزرعه تحقیقاتی به وسعت ۳/۵ هکتار که تحت کشت ذرت بوده بعمل آمده است. عمق زهکش‌ها ۱ متر و فاصله آنها ۱۸/۳ متر بود. آنها سه تیمار در نظر گرفتند: تیمار اول تثبیت سطح ایستابی در ۵۰ سانتی‌متری، تیمار دوم تثبیت سطح ایستابی در ۷۵ سانتی‌متری و تیمار سوم زهکشی بطور آزادانه یعنی بدون تثبیت سطح ایستابی در عمق مورد نظر بود. همچنین در تیمارهای اول و دوم، آبیاری زیرزمینی یعنی استفاده گیاه از سفره آب زیرزمینی کم‌عمق در نظر گرفته شده بود. در جدول (۴) نتایج میزان متوسط غلظت $\text{NO}_3\text{-N}$ و همچنین درصد نمونه‌هایی که بیش از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر $\text{NO}_3\text{-N}$ دارند در دو سال (۱۹۹۵ و ۱۹۹۶) نشان داده شده است. چون 10mg/l حداکثر مقدار مجاز $\text{NO}_3\text{-N}$ در آب آشامیدنی است بنابراین از این معیار استفاده شده است.

جدول ۴- مقایسه غلظت $\text{NO}_3\text{-N}$ در تیمارهای مختلف در دو سال

(مجیا و همکاران، ۱۹۹۸)

نوع تیمار	۱۹۹۵		۱۹۹۶	
	درصد نمونه‌های بیش از 10 mg/l	متوسط غلظت $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	درصد نمونه‌های بیش از 10 mg/l	متوسط غلظت $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)
عمق سطح ایستابی در ۵۰ سانتیمتری	۱۵	۱/۷	۱۰	۴/۵
عمق سطح ایستابی در ۷۵ سانتیمتری	۷	۲/۴	۱۰	۵/۶
زهکشی آزاد و بدون کنترل	۴۱	۱۰/۵	۷۰	۱۱/۶

با توجه به جدول (۴)، غلظت $\text{NO}_3\text{-N}$ در زه‌آب‌ها در حالت کنترل و مدیریت سطح ایستابی نسبت به حالت زهکشی آزاد کاهش یافته است که نشانگر دی‌نیتریفیکاسیون این ماده می‌باشد. از طرفی کنترل سطح ایستابی نه تنها باعث بهبود کیفیت زه‌آب‌ها شده است، بلکه به دلیل آبیاری زیرزمینی، حجم زه‌آب‌ها نیز کاهش یافته است. بنابراین از طریق کنترل سطح ایستابی، می‌توان کیفیت زه‌آب‌ها را بهبود بخشیده و علاوه بر جلوگیری از آلودگی، منافع اقتصادی از طریق افزایش راندمان مصرف ازت عاید کرد.

کنترل و مدیریت سطح ایستابی علاوه بر کاهش غلظت $\text{NO}_3\text{-N}$ باعث می‌شود دیگر مواد شیمیایی مثل $\text{PO}_4\text{-P}$ (فسفر به صورت فسفات) و سموم نباتی توسط باکتری‌های خاک طی فعالیت‌های بیولوژیکی به ترکیبات بی‌ضرر تبدیل گردند (جبلّی و پراشر^(۱)، ۱۹۹۹). علاقمندان به کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توانند به منبع شماره (۱) مراجعه نمایند.

بلچر و فوجیل (۱۹۹۱) در کارولینای شمالی مقدار کاهش غلظت $\text{PO}_4\text{-P}$ را در حالت زهکشی کنترل شده نسبت به زهکشی زیرزمینی آزاد و بدون کنترل ۱۱ درصد

گزارش نموده‌اند. بدین ترتیب مدیریت سطح ایستابی به عنوان بهترین اقدام مدیریتی در کارولینای شمالی شناخته شده است.

۳-۳- جلوگیری از خروج زه‌آب‌ها در دوره‌های زمانی خاص

در برخی مناطق با متوقف نمودن خروج زه‌آبها در دوره‌های زمانی خاص می‌توان نوسانات سطح ایستابی و شوری خاک در ناحیه ریشه‌ها را کنترل کرد. این امر در صورتی امکان‌پذیر است که آب آبیاری از کیفیت خوبی برخوردار بوده و همچنین گیاه قادر باشد از آب زیرزمینی استفاده نماید. استفاده گیاه از آب زیرزمینی که همان آبیاری زیرزمینی می‌باشد، باعث موثر واقع شدن آبیاری و در حقیقت افزایش راندمان می‌شود. اگر سیستم آبیاری بر این اساس برنامه‌ریزی گردد، فواصل آبیاری و تعداد آبیاری کاهش می‌یابد و در نتیجه از حجم زه‌آبها کاسته می‌شود. در این حالت در دوره‌های زمانی خاص می‌توان با مسدود نمودن زهکش‌ها از زهکشی جلوگیری نمود که «دوره بدون زهکشی»^(۱) نامیده می‌شود. در این دوره، گیاه آب مورد نیاز خود را از آب زیرزمینی تأمین می‌نماید و آبیاری فقط به منظور کنترل شوری در ناحیه ریشه‌ها صورت می‌گیرد. در شکل (۲) دوره بدون زهکشی به طور شماتیک نشان داده شده است.

در شروع دوره (مرحله ۱)، شوری ناحیه ریشه و پایین‌تر از آن تا عمق سطح ایستابی یکسان بوده و تقریباً برابر شوری آب آبیاری با کیفیت خوب می‌باشد. با گذشت زمان و تبخیر و تعرق گیاه، مقدار شوری ناحیه ریشه به حد آستانه مجاز می‌رسد (مرحله ۲). سپس جهت کاهش شوری، آبیاری صورت می‌گیرد تا مقدار شوری منطقه ریشه‌ها به مقدار اولیه یعنی شوری آب آبیاری برسد. این کار باعث می‌شود تا نمک‌ها به قسمت پایین‌تر انتقال یابند (مرحله ۳). این مراحل دوباره تکرار شده تا این که نهایتاً شوری در منطقه توسعه ریشه‌ها و پایین‌تر از آن به حد آستانه‌ای برسد (مرحله ۸). این مرحله انتهای دوره بدون زهکشی است. سپس مجرای زهکش‌ها باز می‌گردد و «دوره زهکشی»^(۲) شروع می‌شود. هدف از این دوره، آبشویی مؤثر نمک‌های تجمع‌یافته در منطقه توسعه ریشه‌ها و پایین‌تر از آن می‌باشد.

1 - No Drainage Cycle

2 - Drainage Cycle

با اتخاذ این روش، حجم آب و نمک وارده به سیستم زهکشی کاهش می‌یابد. همچنین در یک دوره زمانی طولانی از خروج زه‌آب‌ها جلوگیری می‌شود. بنابراین می‌توان در یک زمان مناسب زه‌آب‌ها را در محیط رهانمود (دوره زهکشی).

شکل ۲- تغییرات شوری ناحیه ریشه در اثر آبیاری و تبخیر و تعرق در طول دوره بدون زهکشی

منگورا^(۱) و همکاران (۱۹۹۷) با استفاده از یک مدل که براساس حل معادله حاکم بر جریان آب و املاح در هر دو محیط اشباع و غیراشباع با روش تفاضل‌های محدود، عمل می‌نمود، شرایط یک مزرعه با دوره‌های «بدون زهکشی» و «با زهکشی» را شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری آنان نشان داد که با استفاده از این روش مدیریتی، حجم زه‌آب‌ها در حدود ۵۸ - ۵۰ درصد و مقدار نمک‌ها ۲۹ - ۱۵ درصد نسبت به سیستم‌های رایج کاهش می‌یابد.

۳-۴- مشخص کردن مناطق دارای بیشترین سهم آلودگی

زه‌آب‌های موجود در زهکش اصلی شامل زه‌آب قسمت‌های مختلف منطقه تحت شبکه زهکشی است که توسط زهکش‌های فرعی به داخل آن ریخته می‌شود. برای برآورد و پیش‌بینی غلظت نهایی عناصر و املاح موجود در زه‌آب‌های کل منطقه که وارد محیط می‌گردند، اطلاعات مربوط به غلظت هر کدام از این عناصر و املاح در قسمت‌های مختلف منطقه به تنهایی کافی نیست، و باید زه‌آب‌ها و مقدار بار املاح موجود در آنها برای هر منطقه به طور جداگانه مشخص گردد. به همین منظور باید رابطه جریان - بار املاح^(۲) تعیین گردد. با استفاده از این رابطه می‌توان زه‌آب‌های تخلیه شده در محیط را به نحوی کنترل نمود تا غلظت نهایی آن بیش از حد استاندارد نباشد. رابطه جریان و بار املاح، با محاسبه وزن نمک‌ها (غلظت × دبی) و ترسیم آن به صورت تابعی از حجم جریان تعیین می‌گردد.

با استفاده از این روش می‌توان مناطقی را که زه‌آب‌های آلوده را وارد محیط نموده و بیشترین سهم را در آلودگی دارند، تشخیص داده و آنها را کنترل نمود. در ناحیه آبیاری و زهکشی پانوچ^(۳) آمریکا، این رابطه به صورت $y = ax$ برای تمامی نقاط زهکشی^(۴) تعیین گردیده است. در این رابطه y ، بار ماهیانه سلنیوم، بر یا نمک، x ، جریان ماهیانه و a ، ضریب همبستگی می‌باشد. در جدول (۵) برای نقطه زهکشی PE-14 مقادیر a به طور خلاصه برای نمک، سلنیوم و بر ارائه شده است. همچنین در شکل (۳) تغییرات ماهیانه بار نمک با جریان ماهیانه نشان داده شده است.

- 1 - Manguera
- 2 - Load - Flow
- 3 - Panoche

۴- نقطه زهکشی به خروجی‌های فرعی که در آنها زه‌آب‌ها نمایان می‌گردد گفته می‌شود.

جدول ۵- خلاصه ضرایب همبستگی رابطه جریان - بار املاح زه آب نقطه PE-14 واقع در ناحیه آبیاری و زهکشی پانوج

عامل آلودگی	a	R ²
نمک	۲/۵ (gl ⁻¹)	۰/۹۷
سلنیوم	۰/۰۰۵۴ (mgl ⁻¹)	۰/۸۸
بر	۵/۵ (mgl ⁻¹)	۰/۹۳

شکل ۳- رابطه جریان - بار املاح ماهیانه برای بار نمک موجود در زه آب نقطه PE-14 واقع در ناحیه آبیاری و زهکشی پانوج

۴- نتیجه گیری

معیارهای رایج طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی، تهویه و کنترل شوری در ناحیه ریشه گیاه می‌باشند. رهاسازی زه‌آب‌ها در محیط باعث بروز مسائل زیست محیطی گردیده و اهمیت این مسائل روز به روز بیشتر می‌گردد. بنابراین معیار دیگری باید به معیارهای فوق‌الذکر افزوده شود که همان معیار کیفیت آب و اثرات زیست محیطی آن می‌باشد. در کنار طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی با در نظر گرفتن جنبه‌های زیست محیطی، حتماً باید مدیریت سیستم آبیاری را نیز مدنظر داشت و بدون این مقوله کنترل اثرات زیست محیطی شبکه‌های زهکشی مشکل خواهد بود.

در تمامی روش‌هایی که برای کنترل و بهبود کیفیت زه‌آب‌ها مطرح شد، بر روی استفاده گیاه از آب زیرزمینی کم‌عمق تأکید شده است که این کار باعث کاهش مصرف آب آبیاری و به تبع آن افزایش فاصله زهکش‌ها و کاهش حجم زه‌آب‌ها می‌گردد.

اصلاح سیستم‌های آبیاری در جهت افزایش راندمان و یکنواختی پخش در سطح مزرعه، باعث کاهش تلفات نفوذ عمقی و در نتیجه کاهش حجم زه‌آب‌ها و املاح موجود خواهد شد و نهایتاً آلودگی ناشی از رهاسازی این زه‌آب‌ها در محیط کاهش خواهد یافت.

تشکر و قدردانی

از زحمات آقایان مهندس مجتبی اکرم، دکتر فریدون کاوه و خانم مهندس زهره لیاقت که در تدوین این مقاله کمک شایانی نموده‌اند، تشکر می‌گردد.

منابع

- ۱- جبلی، سیدجلال، ۱۳۷۹. مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صفحه ۱۸۷-۲۰۰
- 2- Ayars, J.E. and M.E. Grismer. 1997. Water quality as design criterion in drainage water management systems. J. of Irrigation and Drainage Engineering. May/June, pp:154-158
- 3- Grismer, M.E. 1993. Subsurface drainage system design and drain water quality. J. of Irrigation and Drainage Engineering. May/June
- 4- Guitjens, J.C., J.E. Ayars, and M.E. Grismer. 1997. Drainage design for water quality management. J. of Irrigation and Drainage Engineering. May/June, pp.148-153
- 5- Manguerra, H.B., and L.A. Garcia. 1997. Field strategy for agricultural drainage and water - quality management. J. of Irrigation and Drainage Engineering. January/February, pp:37-44
- 6- Mejia, M.N., and C.A. Madramootoo. 1998. Improved water quality through water table management in eastern Canada. J. of Irrigation and Drainage Engineering. March/April. pp:116-122
- 7- Skaggs, R.W., and J. van Schilfgaarde. 1999. Agricultural drainage.